



СРПСКА АКАДЕМИЈА НАУКА И УМЕТНОСТИ

ЕКОЛОШКИ И ЕКОНОМСКИ ЗНАЧАЈ ФАУНЕ СРБИЈЕ



ЕКОЛОШКИ И ЕКОНОМСКИ
ЗНАЧАЈ ФАУНЕ СРБИЈЕ

SERBIAN ACADEMY OF SCIENCES AND ARTS

SCIENTIFIC MEETINGS

Book CLXXI

DEPARTMENT OF CHEMICAL AND BIOLOGICAL SCIENCES

Book 12

ECOLOGICAL AND
ECONOMIC SIGNIFICANCE
OF FAUNA OF SERBIA

PROCEEDINGS OF THE SCIENTIFIC MEETING

held on November 17, 2016

E d i t o r

Corresponding Member

RADMILA PETANOVIĆ

BELGRADE 2018

СРПСКА АКАДЕМИЈА НАУКА И УМЕТНОСТИ

НАУЧНИ СКУПОВИ
Књига CLXXI

ОДЕЉЕЊЕ ХЕМИЈСКИХ И БИОЛОШКИХ НАУКА
Књига 12

ЕКОЛОШКИ И ЕКОНОМСКИ ЗНАЧАЈ ФАУНЕ СРБИЈЕ

ЗБОРНИК РАДОВА СА НАУЧНОГ СКУПА
одржаног 17. новембра 2016.

Уредник
дописни члан
РАДМИЛА ПЕТАНОВИЋ

БЕОГРАД 2018

Издаје
Српска академија наука и уметности
Београд, Кнез Михаилова 35

Лектура и коректура
Тања Рончевић

Прелом и дизајн корица
Никола Стевановић

Технички уредник
Мира Зебић

Тираж 400 примерака

Штампа
Colorgrafx, Београд

Српска академија наука и уметности © 2018

САДРЖАЈ
CONTENTS

Предговор	9
Preface	13
Александар Ћетковић, Владимир Стевановић ОЧУВАЊЕ И ВРЕДНОВАЊЕ БИОДИВЕРЗИТЕТА: КОНЦЕПТ ЕКОСИСТЕМСКИХ УСЛУГА И БИОЛОШКИ РЕСУРСИ ФАУНЕ	17
Aleksandar Ćetković, Vladimir Stevanović PRESERVATION AND EVALUATION OF BIODIVERSITY: THE CONCEPT OF ECOSYSTEM SERVICES AND BIOLOGICAL RESOURCES OF FAUNA	36
Душко Ћировић, Срђан Стаменковић ФАУНА СИСАРА СРБИЈЕ – ВРЕДНОВАЊЕ ФУНКЦИОНАЛНЕ УЛОГЕ И ЗНАЧАЈА ВРСТА У ЕКОСИСТЕМИМА	39
Duško Ćirović, Srđan Stamenković MAMMALS FAUNA OF SERBIA – VALORISATION OF FUNCTIONAL ROLE AND SPECIES IMPORTANCE IN ECOSYSTEMS	62
Воислав Васић О ВАЖНОСТИ ПТИЦА: ПРИМЕРИ ЕГЗИСТЕНЦИЈАЛНЕ ВРЕДНОСТИ И ПРАКТИЧНОГ ЗНАЧАЈА У СРБИЈИ	67
Voislav Vasić ON THE IMPORTANCE OF BIRDS: EXAMPLES OF THE EXISTENTIAL VALUE AND PRACTICAL SIGNIFICANCE OF THE BIRDS IN SERBIA	100

Имре Кризманић, Тања Вуков ВОДОЗЕМЦИ У СРБИЈИ ДАНАС И СУТРА – ЕКОЛОШКИ И ЕКОНОМСКИ ЗНАЧАЈ	103
Imre Krizmanić, Tanja Vukov AMPHIBIANS IN SERBIA TODAY AND TOMORROW – ECOLOGICAL AND ECONOMIC VALUE	138
Мирјана Ленхардт, Весна Ђикановић, Александар Хегедиш, Желјка Вишњић-Јефтић, Стефан Скорић, Марија Смедеревац-Лалић КВАЛИТАТИВНО-КВАНТИТАТИВНЕ ПРОМЕНЕ ИХТИОФАУНЕ У ПРОТОЧНИМ ДУНАВСКИМ АКУМУЛАЦИЈАМА ПОСЛЕ ИЗГРАДЊЕ БРАНА ЂЕРДАПСКИХ ХИДРОЕЛЕКТРАНА	143
Mirjana Lenhardt, Vesna Đikanović, Aleksandar Hegediš, Željka Višnjić-Jeftić, Stefan Skorić, Marija Smederevac-Lalić QUALITATIVE AND QUANTITATIVE CHANGES IN THE ICTHYOFAUNA OF THE DANUBIAN RESERVOIRS AFTER THE CONSTRUCTION OF THE IRON GATES HYDROPOWER PLANT DAMS	168
Зоран Марковић, Марко Станковић, Божидар Рашковић, Ненад Секулић, Весна Полексић АКВАКУЛТУРА У СЛУЖБИ ЗАШТИТЕ УГРОЖЕНИХ ВРСТА РИБА У СРБИЈИ	173
Zoran Marković, Marko Stanković, Božidar Rašković, Nenad Sekulić, Vesna Poleksić AQUACULTURE IN SERVICE OF EDANGERED FISH SPECIES PROTECTION IN SERBIA	195
Ивана Живић, Александар Остојић, Бранко Миљановић, Зоран Марковић МАКРОИНВЕРТЕБРАТЕ ТЕКУЋИХ ВОДА СРБИЈЕ И ЊИХОВ БИОИНДИКАТОРСКИ ЗНАЧАЈ У ПРОЦЕНИ КВАЛИТЕТА ВОДЕ	199
Ivana Živić, Aleksandar Ostojić, Branko Miljanović, Zoran Marković MACROINVERTEBRATES OF SERBIAN STREAMS AND THEIR SIGNIFICANCE AS BIOINDICATORS IN ESTIMATION OF WATER QUALITY	226

Дејан Пантелић, Срећко Ђурчић, Александар Крмпот, Дејан В. Стојановић, Михаило Рабасовић, Светлана Савић-Шевић МОРФОЛОШКЕ СТРУКТУРЕ НЕКИХ ПРЕДСТАВНИКА ЕНТОМОФАУНЕ СРБИЈЕ КАО МОДЕЛИ У БИОМИМЕТИЦИ	231
Dejan Pantelić, Srećko Ćurčić, Aleksandar Krmpot, Dejan V. Stojanović, Mihailo Rabasović, Svetlana Savić-Šević THE MORPHOLOGICAL STRUCTURES OF SOME REPRESENTATIVES OF THE ENTOMOFAUNA OF SERBIA AS MODELS IN BIOMIMETICS	250
Михаела Кавран, Александра Игњатовић Ђупина, Марија Згомба, Душан Петрић ЈЕСТИВИ ИНСЕКТИ – БЕЗБЕДНА ХРАНА ЗА ЉУДЕ И ДОМАЋЕ ЖИВОТИЊЕ	251
Mihaela Kavran, Aleksandra Ignjatović Ćupina, Marija Zgomba, Dušan Petrić EDIBLE INSECTS – SAFE FOOD FOR HUMANS AND LIVESTOCK	295
Жељко Томановић, Владимир Жикић КОМПЛЕКСИ БРАКОНИДНИХ ОСА (HYMENOPTERA, ICHNEUMONOIDEA, BRACONIDAE) У СРБИЈИ И ЊИХОВ ЗНАЧАЈ У БИОЛОШКОЈ КОНТРОЛИ	301
Željko Tomanović, Vladimir Žikić BRACONID COMPLEXES (HYMENOPTERA, ICHNEUMONOIDEA, BRACONIDAE) IN SERBIA; THE IMPORTANCE IN BIOLOGICAL CONTROL	308
Љубодраг Михајловић ЕКОЛОШКИ И ЕКОНОМСКИ ЗНАЧАЈ ФАУНЕ НАДФАМИЛИЈЕ CHALCIDOIDEA СРБИЈЕ (INSECTA:HYMENOPTERA)	313
Ljubodrag Mihajlović ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC SIGNIFICANCE OF ZOOLOGY OF THE SUPERFAMILIA CHALCIDOIDEA IN SERBIA (INSECTA: HYMENOPTERA)	337

- Иво Тошевски, Оливер Крстић, Јелена Јовић,
Биљана Видовић, Радмила Петановић
ИНСЕКТИ И ГРИЊЕ У ФАУНИ СРБИЈЕ ОД ЗНАЧАЈА
ЗА КЛАСИЧНУ БИОЛОШКУ КОНТРОЛУ КОРОВА 341
- Ivo Toševski, Oliver Krstić, Jelena Jović,
Biljana Vidović, Radmila Petanović
INSECTS AND MITES IN THE FAUNA OF SERBIA –
IMPORTANCE FOR THE CLASSICAL BIOLOGICAL
CONTROL OF WEEDS 363
- Љубиша Станисављевић, Анте Вујић, Предраг Јакшић, Злата Марков,
Александар Ћетковић
ФУНКЦИОНАЛНО-ЕКОЛОШКИ СТАТУС, УГРОЖЕНОСТ И
ЕКОНОМСКО ВРЕДНОВАЊЕ ИНСЕКТА ОПРАШИВАЧА У
СРБИЈИ 367
- Ljubiša Stanisavljević, Ante Vujić, Predrag Jakšić, Zlata Markov,
Aleksandar Ćetković
FUNCTIONAL AND ECOLOGICAL STATUS, VULNERABILITY
AND ECONOMIC EVALUATION OF INSECT POLLINATORS IN
SERBIA 411

ПРЕДГОВОР

Тематски скуп о еколошком и економском значају фауне Србије, који је иницирао Академијски одбор за проучавање фауне Србије САНУ, одржан је у јубиларној години обележавања 175. годишњице САНУ, 17. новембра 2016. године.

Откада је појам **биодиверзитета** званично ушао у употребу 1992. године доношењем Конвенције о биолошкој разноврсности а потом и њеном ратификацијом којом су све државе потписнице преузеле **обавезу** да донесу законска акта и успоставе потребне активности на **заштити и вредновању** биодиверзитета, истраживања флоре, фауне и фунгије добила су на значају, а класичне биолошке дисциплине – таксономија, биогеографија и екологија – нашле су се у жижи интересовања не само научне већ и шире јавности. Таксономија, систематика и фаунистика, односно флористика, традиционалне биолошке дисциплине са најдужом традицијом у биологији, доживеле су свој препород или тријумфални повратак.

Важно је истаћи да је Српска академија наука и уметности, од свог оснивања, препознала значај изучавања живог света Србије и околних земаља и да је увидела да је повратак ових биолошких дисциплина важан задатак биолога у Србији на почетку новог миленијума. Два Академијска одбора, Одбор за изучавање флоре и вегетације и Одбор за проучавање фауне Србије, покренула су и остварила капитална дела флористике, фитоценологије и фаунистике у Србији. Едиција Флоре Србије доживљава друго, ново и значајно измењено издање, објављују се нови прилози у едицији Вегетација Србије, а едиција Фауна Србије већ има неколико вредних монографија: *Фауна мрави Србије*, *Крпељи Србије*, *Репати водоземци Србије*. Овим публикацијама САНУ се представила као најрелевантнија институција у Србији, фокусирана, преко одбора, на истраживања флоре и фауне, што имплицира свеобухватно сагледавање биодиверзитета у Србији.

Одржани научни скупови посвећени, директно или индиректно овој проблематици додатно потврђују спремност и разумевање САНУ да

истраживања флоре и фауне, као и биодиверзитета Србије, одлучно подржи. У том контексту би требало и разумети овај научни скуп.

Примена Конвенције о биолошкој разноврсности и њених полазних идеја и концепција временом је довела до разраде, унапређивања и усредсређивања на неке друге аспекте очувања и коришћења биодиверзитета, а не само његове вредности као више или мање обновљивог ресурса, већ и читавих екосистема, односно до функционалности њихових кључних компоненти или процеса који омогућавају корист и добробит за било коју људску заједницу. То је остварено дефинисањем **екосистемских услуга** као **кључног теоријског приступа и практичног механизма** за свеобухватно **вредновање** реалног значаја очувања биодиверзитета.

Подсетићемо се овим приликом да је 2005. године у организацији Одбора „Човек и животна средина“ Српске академије наука и уметности, одржан научни скуп **„Биодиверзитет на почетку новог миленијума“** који је **сумирао фундаменталне теме** које се тичу биодиверзитета, развоја идеје о потреби заштите и парадигми одрживости са циљем да пружи одговоре на значајна питања: колико је у нашем друштву порасла свест о потреби заштите биодиверзитета; шта је у међувремену урађено на плану инвентаризације биодиверзитета и колики су трошкови заштите биодиверзитета, односно који су економски модалитети потребни за остваривање склада између заштите биодиверзитета и коришћења биолошких ресурса.

Научни скуп „Еколошки и економски значај фауне Србије“ комплементаран је, у извесној мери, наведеном, и надовезује се темама које обрађује на неке аспекте очувања и заштите биодиверзитета, примарно на **вредновање** фауне Србије као елемената биодиверзитета у функцији **биолошких ресурса**, али и у складу са савременим приступом о **екосистемским услугама биодиверзитета** пре свега у доменима „снабдевања/обезбеђивања“ и регулације, али и „културних“ вредности/добара.

Сви научни радови, у Зборнику, подвлаче циљеве научног скупа, одржаног 17. новембра 2016. године:

- сагледавање напретка који је постигнут разрадом концепата из Конвенције и доношењем допунских стратешких докумената чији је циљ да олакшају комплексне задатке очувања биодиверзитета и коришћења биолошких ресурса, генерално, а посебно у Србији, као и да се укаже на неодрживу праксу експлоатације и недовољне бриге о ресурсима фауне;
- сагледавање функционалне улоге и значаја припадника фауне Србије и указивање на њихове вредности у контексту новоуспостављеног концепта **екосистемских услуга** пре свега као биоиндикатора загађења средине, те илустративних и инспиративних примера у биомиметици и биофизици, као чинилаца биолошке контроле штет-

них организама, опрашивања биљака или као елемената естетске и других нематеријалних вредности, у различитим доменима људске егзистенције и делатности у Србији;

- сагледавање значаја које поједине врсте или фаунистичке групе имају као ресурси хранљивих и лековитих супстанци и других, за човека корисних и употребљивих својстава.

Очекујемо да ће резултати анализа у Зборнику са научног скупа „Еколошки и економски значај фауне Србије“, допринети планирању пројеката вредновања и очувања биодиверзитета, процени угрожености и заштити фауне Србије, као и одрживом коришћењу биолошких ресурса фауне и омогућити сагледавање садашњег стања у националној легислативи и активностима надлежних сектора и однос заједнице према живом свету као природној баштини у Србији данас. Очекујемо да ће се истаћи и економски значај, односно вредновање појединих таксона животиња, не само у контексту биолошких ресурса, већ вредности њихове улоге у склопу екосистемских услуга које пружају, а уколико не постоје одговарајући подаци у Србији, да се процене могу извести на основу аналогних података из других земаља, са циљем очувања биодиверзитета Србије.

У Београду, 17. јануара 2018. године

Радмила Петановић, дописни члан

PREFACE

The thematic conference on ecological and economic importance of Serbian fauna, initiated by the SASA Academic committee for the study of the fauna of Serbia, was held in the jubilee year of marking the 175 years of SASA, on 17th November 2016.

Since the term biodiversity was officially put into use in 1992, with the Convention on Biological Diversity entering into force and its later ratification which led to all signatory states taking the obligation to impose legal acts and establish necessary activities regarding the protection and evaluation of biodiversity, the exploration of flora, fauna and fungi gained importance while classical biological disciplines such as taxonomy, biogeography and ecology were placed in the focus of not only scientific, but also wider public. Taxonomy, systematics and faunistics, i.e. floristics, traditional biological disciplines with the longest tradition in biology, have witnessed their rebirth and triumphal return.

It is important to highlight that the Serbian Academy of Sciences and Arts since its inception has recognized the importance of studying the living world of Serbia and surrounding countries, and that the return of these biological disciplines is an important task for Serbian biologists at the beginning of the new millennium.

Two Academic committees, the Academic committee for the study of flora and vegetation and the Academic committee for the study of the fauna of Serbia, have initiated and accomplished capital works in the field of floristics, phytocoenology and faunistics in Serbia.

The publication *Flora of Serbia* has had a new, second and significantly revised edition, new contributions within the edition *Vegetation of Serbia* have been published, and the edition *Fauna of Serbia* has already got several valuable monographs – the *Ant Fauna of Serbia*, *Ticks of Serbia*, *Tailed Amphibians of Serbia*. These publications show that SASA, through its committees, is like few institutions in Serbia, centered on the exploration of flora and fauna, which can ultimately be classified as an inevitable and comprehensive view on biodiversity in Serbia. The previous scientific conferences directly or indirectly

dedicated to this subject, additionally confirm the readiness and understanding of SASA to offer its strong support to the exploration of flora and fauna, as well as the biodiversity of Serbia. This scientific conference should also be understood through such context.

The application of the Convention on Biological Diversity and its initial ideas and conceptions, eventually led to the elaboration, improvement and focusing on some other aspects of conservation and use of biodiversity, not only its value as a more or less renewable resource, but also the whole ecosystems, i.e. the functionality of their key components or processes which provide benefit and well-being to any human community. This was accomplished by defining ecosystem services as a key theoretical approach and practical mechanism for comprehensive evaluation of the real importance of biodiversity conservation.

On this occasion, we would like to bring to mind the scientific conference “Biodiversity at the onset of a new millennium” held in 2005, organized by the “Man and Environment” Committee of SASA, summing up fundamental issues regarding biodiversity, development of the idea on the need of protection and paradigm of sustainability with the aim to offer answers to questions such as:

- how much has the awareness on the need of biodiversity preservation been developed in our society;
- what has been done about the plan of inventory of biodiversity in the meantime;
- and how big the expenses of protecting biodiversity are, i.e. which economic modalities are necessary for achieving harmony between the protection of biodiversity and the use of biological resources.

The scientific conference “Ecological and economic importance of Serbian fauna” is somewhat complementary to the above mentioned conference, with the areas of interest it explores, building on certain aspects of conservation and protection of biodiversity, above all the evaluation of fauna of Serbia as an element of biodiversity in the function of biological resources, and in accordance with the contemporary approach to ecosystem services of biodiversity, primarily in the domain of “supplying/providing” and regulation, but also “cultural” values/goods.

The aim of this scientific conference and the scientific papers to be published in the Proceedings is to enable:

- perceiving the progress made by elaborating concepts from the Convention and imposing additional strategic documents aimed at facilitating complex tasks of preserving biodiversity and using biological resources in general, especially in Serbia, as well as indicating the unsustainable exploitation practice and insufficient care for the resources of fauna;

- perceiving the functional role and importance of the members of Serbian fauna and indicating their values in the context of the newly established concept of ecosystem services, primarily as bioindicators of environmental pollution, as illustrative and inspirational examples in biomimetics and biophysics, as factors of biological control over harmful organisms, plant pollination or elements of esthetic and other immaterial values, in various domains of human existence and activity in Serbia;
- perceiving the importance that certain species or faunistic groups have as resources of nutritive and healing substances and other useful and usable properties to people.

We expect that the results of analysis, published in the Proceedings from the scientific conference “Ecological and economic significance of Fauna of Serbia”, will be useful for planning the projects of evaluating and preserving biodiversity, assessing the endangerment and protection of Serbian fauna, as well as sustainable use of biological resources of fauna, and that we will be able to perceive the current situation in national legislation and activities, along with the attitude of the community towards the living world as a natural heritage in Serbia today. We also expect to draw attention to the economic significance, i.e. the evaluation of certain animal taxa, not only in the context of biological resources but also the value of their role within the ecosystem services they offer, and if there are no sufficient data in Serbia, that assessments based upon corresponding data from other countries will be made, all in order to preserve the biodiversity of Serbia.

Belgrade, 17th January 2018

Radmila Petanović, corresponding member

ЈЕСТИВИ ИНСЕКТИ – БЕЗБЕДНА ХРАНА ЗА ЉУДЕ И ДОМАЋЕ ЖИВОТИЊЕ

Михаела КАВРАН*, Александра ИГЊАТОВИЋ ЋУПИНА*,
Марија ЗГОМБА*, Душан ПЕТРИЋ*

С а ж е т а к. – Инсекти спадају у групу најуспешнијих организама на планети пре свега због специфичне грађе и величине тела, високог репродукционог потенцијала и способности адаптације. Они су нуклеус развоја свих копнених и слатководних станишта и омогућавају опстанак живота на Земљи. Као полинатори имају пресудну улогу у опстанку многих биљака, спречавају нагомилавање органске материје у природи, чине важне делове у ланцима исхране али исто тако могу да поједу 25% бруто националног дохотка у земљама у развоју, а само комарци (најопасније животиње на свету), преношењем патогена, годишње „убијају“ 725 000 људи. Међутим, огромни благотворни потенцијал ових организама само је малим делом искоришћен. Инсекти представљају богат извор протеина и других корисних материја за развој човека и животиња. Пораст светске популације људи ће несумњиво изазвати повећану продукцију хране, што ће неизбежно угрозити већ лимитиране ресурсе за њену производњу (земљиште, вода, ђубриво и енергија). Ентомофагија (исхрана инсектима) може бити једно од решења проблема предвиђене несташнице хране, те се све чешће предлаже коришћење инсеката за исхрану људи, стоке, кућних љубимаца и риба. Организација за пољопривреду и храну Уједињених нација (FAO) је почетком века почела са промовисањем употребе инсеката у исхрани која је у неким развијеним земљама (Холандија) већ добро прихваћена. До сада се у индустријским

* Пољопривредни факултет, Универзитет у Новом Саду, mihaela.kavran@polj.edu.rs; cupinas@polj.uns.ac.rs; mzgomba@polj.uns.ac.rs; dusanp@polj.uns.ac.rs

постројењима масовно и успешно гаје врсте *Hermetia illucens*, *Musca domestica*, *Tenebrio molitor* и *Acheta domesticus*. Гајење инсеката у ове сврхе је вишеструко корисно јер осим продукције хране може да реши проблем уклањања органског отпада и отпуштања гасова стаклене баште, продукције ђубрива и фармацеутских производа и допринесе уштеди енергије и развоју предузетништва. За практичну примену ове идеје у Србији потребно је подстаћи примењена истраживања и подићи ниво знања о сакупљању и могућностима гајења ових организама. Молестанти као што су комарци, муве, хириномиде, штеточине у пољопривредној и шумарској производњи и поред честих масовних појава и биомасе коју том приликом продукују још увек нису искоришћени у нашој земљи.

Кључне речи: ентомофагија, инсекти као храна, индустријско гајење инсеката, *Hermetia illucens*, *Musca domestica*, *Tenebrio molitor*, *Acheta domesticus*, *Aedes vexans*, Chironomidae

УВОД

До данас је у свету описано око милион врста инсеката, међутим FAO [1] процењује да их може бити и 6–10 милиона. Од укупног броја описаних врста, само 5.000 (0.5%) се сматра штетним за пољопривредну производњу (усеве, стоку) и људе [2]. Инсектима се данас редовно храни најмање две милијарде људи широм света. У исхрану је укључено више од 1.900 јестивих врста инсеката, од којих већи део живи у тропским крајевима. Ентомофагија је дубоко укорењена у човекову историју и културу [3]. Археолошки и фосилни докази показали су да се човек хранио инсектима још од каменог доба, пре 7.000 година [4–7].

Већину јестивих инсеката човек је до сада сакупљао у природи. Свега неколико врста је припитомљено због комерцијалне вредности њихових продуката (нпр. пчела и свилена буба). Серикултура (гајење свилене бубе у циљу добијања сирове свиле) потиче из Кине још од пре 5.000 година [1]. Најстарији епиграф говори о девојци и њеном умирућем љубимцу – попцу и потиче из античке Грчке, још од 600 г.п.н.е. [8]. За разлику од азијских, афричких, јужноамеричких и централноамеричких народа код којих ентомофагија има дугу традицију, Европљани су давно изгубили навику сакупљања и припреме инсеката за исхрану, чак и у руралним крајевима [9]. Нутритивна вредност инсеката је висока тако да се могу користити као адекватна и здрава алтернатива морској риби, пилетини, говедини и свињетини. Инсекти су богати протеинима и засићеним (добрим) масним киселинама, затим Ca, Fe и Zn. У многим земљама, нарочито у Азији и Африци, инсекти су одавно део регионалне и/или националне кухиње.

За принос исте количине калорија, инсекти (и у природи и приликом узгоја) ослобађају значајно мање хлорованих угљоводоника (гасова

стаклене баште), него домаће животиње (нпр. метан производи само неколико инсекатских група, нпр. термити и бубашвабе). За гајење инсеката није неопходна интензивна експлоатација земљишта, нити је потребно крчење шума да би се производња проширила. Ослобађање амонијака услед гајења инсеката је такође на значајно нижем нивоу у односу на конвенционалну сточарску производњу. Инсекте такође карактерише висока ефикасност у претварању материја којима се хране у протеине (капацитет животиње да конвертује масу хране у повећану масу тела, маса хране/ маса добијене тежине). Попцима је за исто повећање масе тела потребно 12 пута мање хране од говеда, 4 пута мање од оваца и свиња, и 2 пута мање и од пилића бројлера. Pimentel и Pimentel [10] су израчунали да је за добијање 1 kg високо квалитетних анималних протеина потребно око 6 kg биљних протеина. У типичним условима сточарске производње САД-а, за прираст од 1 kg телесне масе животиње потребне су следеће количине хране: код пилића 2.5 kg, свиња 5 kg и говеда 10 kg [11]. Nakagaki и DeFoliart [12] су израчунали да је и до 80% тела попца јестиво и пробављиво, док код пилета и свиње јестиви удео масе износи 55%, а код говечета само 40%. Могуће објашњење је да инсекти као поикилотермни организми не троше енергију да би одржавали температуру тела. Уз наведене предности, инсекти могу да се гаје и хране биоотпадом (храном ниске нутритивне вредности као што су екскременти домаћих животиња и индустријски компост), редукујући тако контаминацију животне средине. Такође, за узгој инсеката се троши много мање воде него у сточарској производњи, без обзира да ли су у питању пилићи или краве.

Гајење инсеката захтева ниска улагања, што омогућава бављење овом делатношћу чак и најсиромашнијим слојевима друштва. Мале фарме обезбеђују финансијска средства како у руралним, тако и у урбаним срединама. Гајење је могуће на примитивном, али такође и на веома софистицираном нивоу, у зависности од висине расположивих средстава.

У овом раду, приказом делова бројних студија и властитих истраживања повезаних са могућношћу коришћења инсеката у исхрани, желимо да приближимо ову тему научној и стручној јавности у Србији и укажемо на нови потенцијал за производњу хране којим наша земља располаже или га, одговарајућом подршком и образовањем становништва, може развити.

ИНСЕКТИ КАО АЛТЕРНАТИВА ТРАДИЦИОНАЛНОЈ ПРОИЗВОДЊИ ХРАНЕ

Прогнозирано је да ће у свету 2050. године живети 9.6 милијарди људи [13]. Уколико пољопривредна производња задржи садашњу структуру, неминовно ће доћи до повећања емисије гасова стаклене баште

(ГСБ), а дефорестација и деградација животне средине ће бити настављене истом или повећаном брзином. Интензивна сточарска производња је краткорочно економски одржива због високе продуктивности. Међутим, оваква производња наноси огромне штете животној средини [14,15]. Стајско ђубриво контаминира површинске и подземне воде са нутријентима, токсинима и патогенима [14,16], а његова прекомерна примена може узроковати закишељавања екосистема због повећаних количина амонијака [17]. Интензивирање сточарске производње такође подразумева обезбеђивање додатне хране за домаће животиње и проширење површина под крмним биљем, што ће за последицу имати даљу дефорестацију. Заstraшујући пример су амазонске ливаде које сада обухватају 70% од раније шумске површине [18]. FAO је проценио да ће сточарска производња морати да се повећа за 70% да би у 2050. години било довољно хране за предвиђени број становника наше планете [19]. Прву препреку достизању тог циља може представљати превисока цена коштања сточне хране, укључујући месно, рибље и сојино брашно који данас чине 60–70% од укупне цене производње. Следећи проблем би проузроковала немогућност уклањања скоро дуплираних количина фекалног отпада која би са интензивном биљном производњом још више угрозила животну средину. У нашим условима неретко се дешава да се огромне гомиле стајског ђубрива депонују на отвореном где продукују огромне ројева мува и потпомажу ширење патогена. Годинама се расправља о неопходним променама у пољопривреди као водећем узроку антропогено индукованих климатских промена [20].

Развој колекционарства определио је многе породице у тропским пределима за оснивање фарми инсеката и масовни узгој, нарочито лептира. Влада у Папуи Новој Гвинеји промовише и подстиче фарме лептира (род *Ornithoptera*) као извор прихода за локалне фармере. Јапан и Тајван су развили веома снажна удружења одгајивача тврдокрилаца (преовлађују фамилије Lucanidae, Cetoniidae, Dynastidae). Све ове фамилије уједно представљају и потенцијалну храну за људе: нпр. ларве Dynastidae које теже и до 200 g, затим Cetoniidae које имају висок репродукциони потенцијал и њихове ларве су богате протеинима [1].

Jongema [21, 22] даје преглед 2.037 јестивих врста инсеката у свету. За исхрану се највише користе врсте из реда Coleoptera 31% (адулти и ларве тврдокрилаца), Lepidoptera 18% (гусенице), Hymenoptera 14% (ларве и лутке пчела, оса и мрав), Orthoptera 13% (адулти зрикаваца, скакаваца, попаца), Hemiptera 10% (адулти Cicadidae, Cicadellidae, Fulgoridae, шти-тастих ваши и стеница), Isoptera 3% (адулти термита), Odonata 3% (вилински коњици); Diptera 2% (муве) и остали 5% [23].

У Холандији се ларве појединих врста тврдокрилаца мрачњака (фамилија Tenebrionidae), као што су *Tenebrio molitor*, *Alphitobius diaperinus* и *Zophobas morio* гаје за исхрану кућних љубимаца (гуштера, риба и птица),

мада се ове врсте сматрају одличним и за људску исхрану. У специјализованим продавницама се већ неколико година продају као храна за људе [1].

Гусеница мопановог пауновца (*Imbrasia belina* – блиски рођак нашег великог и малог пауновца, *Saturnia pyri* и *Saturnia pavonia*) се сматра најпопуларнијим и економски најзначајнијим инсектом у исхрани. Годишњи приход од ових гусеница у јужној Африци процењен је на 85 милиона US\$ [24].

Црвена палмина пипа *Rhynchophorus ferrugineus* је честа и бројна штеточина палме у многим азијским земљама и на Блиском истоку. Ова инвазивна врста је доспела до Медитерана 1980-их, и на Сицилији уништила 13.000 стабала урминих палми до августа 2009. Ширила се обалом према Ђенови и на свом путу уништавала стабла палми. У Италији се деструкција претежно односи на палму *Phoenix canariensis*, а као најзначајнија мера заштите примењује се апликација инсектицида. Међутим, у Азији, Африци и Латинској Америци ларве ове врсте се користе у исхрани. Традиционални начин сакупљања сводио се на обарање палминог стабла ради иницирања насељавања великог броја женки. Данас се због очувања палминог дрвета не саветује примена ове застареле методе [1].

Колико су инсекти као храна цењени, говори податак да се у Уганди скакавци сматрају деликатесом, тако да 1 kg скакаваца кошта за 40% више од 1 kg говедине [25]. И на Тајланду су скакавци најпопуларнија група инсеката у људској исхрани, те неки фармери гаје кукуруз у циљу исхране скакаваца [26].

Свилена буба је такође инсект од великог економског значаја. На Тајланду 137.000 домаћинстава гаји свилену бубу а приход од производње свиле је у 2004. години износио 50.8 милиона US\$ [27]. Мање је познато да се у Кореји, прах добијен млевењем гусеница користи као лек за дијабетичаре због тога што редукује ниво глукозе у крви [28].

Сточарска производња је одговорна за 18% емисије ГСБ, што представља већи удео од сектора транспорта [18]. Од свих инсекатских група само бубашвабе, термити и тврдокрилци из фамилије Scarabaeidae продукују метан [29,30]. Ларве великог брашнара (*T. molitor*), попаца и скакаваца по јединици телесне масе емитују мање амонијака од свиња [31].

До сада се за масовни узгој инсеката најчешће користила квалитетна и релативно скупа храна за домаће животиње. Међутим, инсекти могу истовремено бити искоришћени за производњу хране и ефикасну биолошку разградњу органског отпада. Врсте *Hermetia illucens*, *Musca domestica* и *T. molitor* би заједно годишње могле да конвертују 1.3 милијарде тона биоотпада и продукују сличну количину хранљивих материја, што их ставља у фокус најновијих истраживања [32]. Супституција скупе индустријске хране органским отпадом чини гајење инсеката профитабилним [33], а рециклирање пољопривредног и шумског отпада значајно редукује

загађење животне средине. Могућност гајења инсеката на биоотпаду у циљу исхране људи се још проучава, јер је ризик од преношења патогена и загађивача још непознат.

Оцењено је да ће у 2025. години, 1.8 милијарди људи живети у регијама са несташицом воде [34]. На пољопривредну производњу се у свету потроши око 70% слатке воде [35]. Charagain и Hoekstra [36] су утврдили да је за продукцију 1 kg протеина животињског порекла потребно 5–20 пута више воде него за производњу 1 kg протеина житарица. За производњу 1 kg пилетине потребно је 2.300 l воде, свињетине 3.500 l, а говедине 22.000–43.000 l [35]. У калкулисану количину је укључена вода за пиће и вода потребна за производњу хране за исхрану наведених животиња. Количина воде потребна да се од инсеката добије еквивалентна количина протеина у индустријском узгоју није утврђена, али се према познатим потребама инсеката за водом и храном сматра значајно нижом [1]. *T. molitor* је много отпорнији на недостатак воде од говеда. На сваки ha земљишта неопходан за производњу *T. molitor* протеина, за еквивалентну производњу исте количине млечних протеина неопходна је површина од 2.5 ha, за протеине из свињетине и пилетине 2–3.5 ha, а за протеине из говедине 10 ha. С обзиром на наведена истраживања, ова врста инсекта је еколошки прихватљивији извор протеина од млека, пилетине, свињетине и говедине [1].

Инсекти имају значајан удео у исхрани дивљих животиња, у аквакултури, сточарству и као храна за кућне љубимце. Велика потражња и као последица тога висока цена рибљег брашна, заједно са растућим проблемима у узгоју риба су допринели већем интересовању за узгој и употребу инсеката као извора протеина у храни за животиње [34]. Инсекти су се показали као одличан извор протеина за многе рибе и живину, због чега је FAO креирао систем информисања о инсектима као храни „FAO’s Animal Feed Resources Information System – Feedipedia“ [37].

Као храна за живину, користе се скакавци, попци, бубашвабе, термити, ваши, стенице, цикаде, лисне буве, лисне ваши, штитасте ваши, тврдокрилци, гусенице, муве, буве, пчеле, осе и мрави [38]. Ларве кућне муве садрже антимицробне пептиде, који инхибирају развој бактерија *Echerichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhimurium*, *Shigella dysenteriae*, *Staphylococcus aureus* и *Bacillus subtilis*, те је предложена употреба овог инсекта у функцији конзерванса хране [39]. Такође, хитин може имати позитиван ефекат на функционисање имуног система код кокошака и смањити употребу антибиотика у производњи живине, чија примена може довести до појаве резистентности патогена. У Холандији је сваки пети пацијент са уринарном инфекцијом био инфициран резистентним сојем бактерија *E. coli* (на пеницилин и цефалоспорин) који су присутни код пилића. Истраживања су такође показала да 94% пилећег меса у холандским супермаркетима и фармама садржи бактерије резис-

тентне на антибиотику, што је последица учестале примене антибиотика у сточној храни [1, 40].

Муве *H. illucens* и *M. domestica* сматрају се добрим потенцијалом за узгој у циљу производње хране за живину, као одлична замена за соју [38]. Скакаваци, зрикавци и попци могу у потпуности да замене рибље брашно и соју. У Конгу су испитивали могућност замене изузетно скупог, протеинског дела сточне хране брашном од бубашваба (*Blatta orientalis*) или термита (*Kaloterme flavicollis*) [41]. Слично истраживање укључило је врсту *T. molitor* која је гајена на биоотпаду у циљу исхране пилића бројлера, и која је органску материју ниске нутритивне вредности претварала у високо протеинску. Сматра се да ће у исхрани живине успешно заменити соју. Слични резултати добијени су и проучавањем појединих врста зрикаваца (*Anabrus simplex*), попаца (*Acheta domesticus*), свилене бубе (*Bombyx mori*), мрачњака (*A. diaperinus*, *Tribolium castaneum*) и термита [42].

Утврђено је и да лутке свилене бубе, као споредни производи у производњи свиле, могу у потпуности да замене рибље брашно у исхрани пилића или да се користе као суплементи у исхрани (до 50%). У Индији, где је живинарство најбрже растућа грана у целокупној пољопривредној производњи, употреба скупог кукуруза прети опстанку фармера. Алтернативна исхрана живине луткама свилених буба је јефтинија и даје боље резултате него исхрана конвенционалном сточном храном [43].

Инсекти као храна за рибе су потцењени у већини регија света. За исхрану риба неки фармери користе термите, било да их купују или сакупљају. У просеку, један термитњак даје 50 kg термита годишње. У јужној Азији је уобичајна појава да се флуоресцентно светло окачи изнад рибњака у циљу привлачења инсеката који због рефлексije на води падају у рибњак где их рибе једу [1].

Предрасуде

Предрасуде о употреби инсеката у исхрани нису оправдане са нутритивне тачке гледишта. Осећању гађења према конзумирању инсеката у западним земљама доприноси погрешно схватање да се у земљама у развоју људи инсектима хране због глади и да овакав начин исхране представља наметнути механизам преживљавања.

Сматра се да је пољопривреда рођена на плодном земљишту долине и делте Нила у северној Африци и Малој Азији. Управо се из ових области пракса гајења биљака и животиња проширила у Европу [44]. Прво су припитомљене крупне дивље животињске врсте, хербиворни или омниворни сисари. Осим што је њиховим узгојем обезбеђивана продукција велике количине меса, млека и млечних производа, коже и вуне, ове животиње су служиле као вучна снага за обраду земље и као транспортно средство,

што им је у западним земљама дало велику предност у односу на инсекте. Сматра се такође да је нестабилна и неравномерна доступност инсеката у природи због њихове сезоналности један од разлога за недовољан интерес за употребу инсеката у исхрани људи и животиња [45].

Становништво западних земаља посматра ентомофагију са осећањем гађења [46]. Може се слободно рећи да већина људи одбија и да размотри могућност исхране инсектима јер се ентомофагија сматра друштвено примитивним понашањем [47–49]. Гађење креира основу моралног осуђивања и игра главну улогу у човековом одбијању хране [50–52]. Herz [52] наводи да је осећај гађења најчешћа базична емоција, коју лако изазива непозната/необична храна других народа [52]. Прихватање или одбијање ентомофагије често потиче из саме културе народа, која несумњиво има опредељујући утицај на обичаје у вези исхране [53]. Култура, под утицајем окружења, историје, структуре друштва, мобилности и политичко-економског система, дефинише правила исхране једне нације и одређује шта је јестиво, а шта није [54]. У западним земљама, где главни извор протеина још увек представљају домаће животиње, инсекти су синоним за молестанте и штеточине, а не за укусни оброк. Комарци и муве запоседају стамбене просторе, неки инсекти случајно завршавају у нашој храни додатно подстичући фактор гађења. Одбијању доприноси и чињеница да поједини инсекти могу имати улогу вектора озбиљних обољења [55]. Муве могу механичким путем пренети на намирнице велики број микроорганизама, комарци, буве и ваши захваљујући хематофагом режиму исхране могу пренети патогене који изазивају погубне болести (маларија, куга, тифус, итд.).

Хранљива вредност инсеката

Када говоримо о нутритивном саставу инсеката, важно је истаћи да су најзначајније компоненте протеини, масти и влакна. Rumpold и Schlüter [56] су анализирали нутритивни састав 236 јестивих инсеката и закључили да сви задовољавају потребе човека за енергијом и протеинима. Многи јестиви инсекти су богати аминокиселинама неопходним за човеков развој, затим моносатурисаним и полисатурисаним масним киселинама, микроелементима као што су Cu, Fe, Mg, Mn, P, Se и Zn. Високо заступљени су били и рибофлавин, пантотенска киселина, биотин, а код неких и фолна киселина. Elordu et al. [57] су анализирали 78 врста инсеката у Мексику и дошли до сазнања да се калоријска вредност инсеката кретала од 293 до 762 kcal на 100 g суве материје. Инсекатско тело садржи значајне количине протеина. Садржај протеина у 100 врста инсеката које су анализирали Xiaoming et al. [58] кретао се од 13 до 77% од укупне суве материје, што је упоредиво са садржајем протеина у говеђем и рибљем месу [59]. Садржај протеина у инсектима зависи од хране која се користи

приликом њиховог узгоја, као и од стадијума развића у ком се инсект налази. Скакавци храњени мекињама које су богате есенцијалним масним киселинама садрже двоструко више протеина од скакаваца који се хране кукурузом, а адулти обично садрже више протеина од ларви [60]. Садржај протеина у гусеницама лептира из фам. Saturniidae износи 52–80% од укупне суве материје [61]. Јестиве гусенице аустралијског дрвоточца (*Endoxyla leucotochla*, фам. Cossidae) садрже висок проценат масти (38% од укупне суве материје), а веома су богате олеинском киселином која представља омега-9 мононенасатурисану масну киселину [62]. Инсекти су богати полиненасатурисаним масним киселинама и често садрже есенцијалну линолну и α -линоленску киселину [63]. Ове масне киселине су изузетно значајне за правилан развој и здравље деце и одојчади [64].

Гусенице мопановог пауновца, као и многи други инсекти су веома богат извор гвожђа. Ова чињеница је интересантна, обзиром да дефицијенција гвожђа представља најчешћи и најраширенији нутриционистички поремећај. У земљама у развоју од анемије пати свака друга жена и око 40% деце предшколског узраста [65]. Садржај гвожђа у већини јестивих инсеката је једнак или већи у односу на говедину [61]. Говедина садржи 6 mg Fe/100 g суве материје, док гусенице мопановог пауновца садрже чак 31–77 mg Fe/100 g, а скакавац *Locusta migratoria* 8-20 mg Fe/100 g [31].

Дефицијенција цинка је други проблем у јавном здрављу, нарочито за децу (последнице дефицијенције су успорени ментални развој, одложено сексуално сазревање, одложено сазревање костију, појава кожних лезија, дијареја, алопедија, погоршање апетита и осетљивост на инфекције) [65]. Већина инсеката представља такође и богат извор Zn. Говедина садржи 12.5 mg Zn /100 g суве материје, док ларве палминог сурлаша (*Rhynchophorus phoenicis*) садрже 26.5 mg Zn /100 g [61]. Исти аутор је показао да тело инсеката садржи 0.1–4 mg витамина B1 и 0.11–8.9 mg B2 на 100 g суве материје. Витамин B12 се налази само у храни животињског порекла, а код инсеката је утврђен у врстама *T. molitor* (0.47 μ g на 100 g) и *A. domesticus* (5.4 μ g на 100 g у адултима и 8.7 μ g на 100 g у ларвама) [61, 66]. Ретинол и β -каротен (витамин А) су утврђени у телу *Imbrasia oyemensis*, *Imbrasia truncata* и *Imbrasia epimethea* (фам. Saturniidae). Садржај витамина Е у ларви палминог сурлаша износи 35 mg/100 g суве материје (у облику α -токоферола), односно 9 mg /100 g суве материје ($\beta + \gamma$ токоферол), а дневна препоручена доза за човека је 15 mg [61]. Садржај витамина Е у млевеној и смрзнутој па потом сушеној гусеници свилене бубе (*B. mori*) износи 9.65 mg на 100 g суве материје [67].

Finke [66] је упоређивао „месо“ *T. molitor* са говедином и утврдио да је садржај масти у говедини већи него код ларви ове врсте, а садржај протеина занемарљиво већи. У говедини су више заступљене биле глутаминска киселина, лизин и метионин, док је у ларвама био већи садржај изолеуцина, леуцина, валина, тирозина и аланина. Говедина је предњачи-

ла у палмитолеинској, палмитинској и стеаринској масној киселини, али је линолна била значајно више присутна у ларвама. Утврђен је приближно једнак садржај минерала (Cu, Na, K, Fe, Zn и Se). Ларве су садржале већу количину витамина, са изузетком витамина B12. Howard и Stanley-Samuelson [68] су утврдили композицију фосфолипидних масних киселина у адултним формама великог брашнара и дошли до закључка да од свих масних киселина, чак 80% чине палмитинска, стеаринска, олеинска и линолеинска.

ПРИРОДНИ ПОТЕНЦИЈАЛ

Многобројне јестиве инсекатске врсте представљају плен или домаћина другим инсектима, те плен паука, птица, сисара, водоземаца, гуштера и риба. Ефекти редукације популације плена/домаћина на популацију предатора/паразитоида су недовољно проучени. Постоји много јестивих врста инсеката из групе предатора или декомпозера. Редукација њихове популације може имати штетне ефекте на друге учеснике у ланцу исхране и тиме значајно утицати на нормално функционисање екосистема.

Потенцијални проблем који се може појавити као последица експанзије ентомофагије представља прекомерно експлоатисање инсеката [69, 70], нарочито у случају када број сакупљених индивидуа прелази регенерациони капацитет локалне популације, што се може десити ако се одрасле јединке сакупљају пре првог полагања јаја [23].

Уништавање природних станишта, као што је крчење шума, деградација шума и загађење могу угрозити бројност популације јестивих инсеката. [69–71] Када су јестиве ларве малобројне, незадовољни сакупљачи понекад обарају стабла биљке домаћина како би повећали учинак и заруду, и на тај начин угрожавају и будуће генерације циљане врсте инсеката [69, 72, 73]. Климатске промене, такође могу имати утицај на популацију јестивих инсеката и њихову дистрибуцију. Повећање температуре може подстицати раст популације, мада је могућа и супротна појава уколико се ради о екстремно топлим и сушним периодима [73].

Све мере сакупљања треба да поштују баланс између еколошких, социјалних, културолошких и економских циљева уколико се жели постићи успех и одрживост. Боље познавање одређене врсте инсекта, њене биологије и екологије води ка бољем разумевању сезонске периодичности, одабиру начина за успешно сакупљање и омогућава успешно управљање и заштиту станишта у којима јестива врста живи [74].

Прекомерна експлоатација се сматра потенцијалним проблемом, јер се нпр. палмино дрвеће сече у циљу провоцирања полагања јаја и даљег раста ларве врста *Rhynchophorus palmarum*, *R. phoenicis* и *R. ferrugineus* [75]. Иако је утврђено да чак 31 биљна врста из 12 фамилија може бити до-

маћин ларве палминог сурлаша [76], очување палминог дрвећа је и даље од виталног значаја ради обезбеђивања одрживости ове праксе. У многим деловима света ларве палминог сурлаша представљају један од основних извора хране, те се дрвеће наменски обара у циљу стимулisaња њихове продукције. Из обореног стабла се узима скроб, сакупљају се плодови и/или цеди сок за добијање вина, а ларве се сматрају споредним производом [77] или екстра продуктом узгоја палме [78].

Јаја акватичних стеница су за Астеке била деликатес, док су Шпански освајачи називали ово јело Мексички кавијар (израз је коришћен и за ларве мрава) [79]. Најпопуларније су биле врсте из родова *Corisella*, *Corixa* и *Notonecta* [79–81] чија су јаја домороци сакупљали са акватичне вегетације [79–81]. Обезбеђивање вештачког места за полагање јаја ових стеница је вршено помоћу снопова прућа, разних трава и трске, који су везивани у облику слова „U”, лоцирани на дно плитког дела језера и фиксирани уз помоћ камења [81–83]. У афричкој држави Того, у условима семи-култивације, домороци сакупљају термите помоћу једноставних конструкција од природних материјала (земљане посуде за воду испуњене смесом влажне земље, сувих стабљика сирка или других житарица, јуте и камења), којима симулирају природне услове у термитњаку и које постављају на улазни отвор хумке, да би након 3–4 седмице сакупљали термите [84].

У области Карниа, (северна Италија), деца једу слатке инглувијусе ноћних лептира рода *Zygaena* [85]. Тело лептира садржи мале количине токсичних гликозида, али велике количине различитих укусних шећера.

Многи јестиви инсекти су опасне штеточине гајених биљака и њихово сузбијање је углавном базирано на употреби хемијских инсектицида. Развој метода њиховог мануалног или машинског сакупљања омогућио би троструку добит: сакупљени штетни инсекти могли би послужити као храна, усев би остао сачуван, а поврх свега оваква мера би представљала бенефит за животну средину, јер подразумева редуковану употребу пестицида. Cerritos и Cano-Santana [86] су документовали ефекте ручног сакупљања јестивих скакаваца (*Sphenarium purpurascens*) у пољу луцерке ради заштите усева од штеточине и инсекта од хемијског третмана. Приликом избора оваквог приступа треба имати у виду да у многим деловима Европе, услед честе примене пестицида, потенцијално јестиви инсекти могу садржати већи ниво штетних хемијских материја од прихватљивог [87].

Сваке године велики број скакаваца врши инвазију агроекосистема широм света, узрокујући огромне штете и економске губитке. И хемијске и биолошке мере које се примењују у циљу сузбијања скакаваца су ограничене ефикасности, која води повећању популације после извесног времена. Оптималан алтернативни метод би био механичко сакупљање скакаваца, након чега би се биомаса сакупљених скакаваца могла употребити као храна за људе [88]. У 19. веку ројеви скакаваца *Melanoplus spretus* редовно

су пустошили западни део САД-а [89]. Процењено је да су њихова јата била тешка до 27.5 тона и бројала око 12.5 трилиона јединки [1].

Значајним молестантом у Европи сматрају се мушице из фамилије Chironomidae. Често су по броју врста најзаступљенија, а по броју јединки најбројнија група инсеката која настањује слатководна станишта [90–92]. Ларве Chironomidae чине доминантну компоненту у стајаћим водама, чинећи чак 80% биомасе фауне дна [93]. Карактерише их брза репродукција која резултира великим бројем индивидуа и штетним ефектима [94]. Компетитори су многим организмима бентоса и могу да преживе у веома неповољним условима. Осим тога, толерантне су на екстремне промене услова животне средине [95]. Ларве неких врста чак могу да преживе потпуну десикацију, те да се поново регенеришу по наступању повољних услова [96]. Могу да се закопавају дубоко у седименте док не пронађу оптималне услове [97]. Када наступи период парења, Chironomidae формирају огромне ројеве. Занимљиво је да су развој јувенилних јединки и еклозија у истом станишту синхронизовани у циљу компензације кратког живота одраслих јединки односно обезбеђивања лакшег проналажења јединки супротног пола [98]. Нупцијални ројеви могу бити огромни, а неке врсте могу имати већи број генерација годишње [94].

У Швајцарској су веома брзо колонизовале плитка језера креирана у циљу очувања мочварних биотопа [99]. Врста *Eretmoptera murphyi* која живи на Антарктику може достићи густину популације од 4.1×10^5 ларви/ m^2 [100].

У истраживањима Поповића [101] у Србији је регистровано 34 врсте из фам. Chironomidae, а највећа забележена густина популације износила је 8.103 ларви/ m^2 . У бочатним лагунама Венеције густина популације врсте *Chironomus salinarius* износи и до 38.976 ларви/ m^2 [102]. Бројност јувенилних стадијума хирономида у водама Карелијске превлаке кретала се до 32.060 индивидуа/ m^2 , са биомасом до 3.59 g/ m^2 [103]. Одрасле јединке представљају претњу туризму на језеру Балатон. Istvánovics *et al.* [104] наводе да биомаса хирономида некада достиже енормно високу вредност од 4 g/ m^2 . Биомаса изнад 0.5 g/ m^2 је увек везана за масовну појаву доминантне врсте *Chironomus balatonicus*. У западном делу језера (површине 38 km², 6.4% укупне површине језера), у коме је повишено загађење у односу на остале делове језера [104, 105], на свега 10% посматране површине језера погодне за развиће врсте (зона макрофита, без јаких таласа), процењена продукција биомасе ове врсте достиже 15.2 t по генерацији [106]. Обалска зона представља основно станиште ларви хирономида, чије женке полажу јаја на местима са густом вегетацијом [107]. Врсте рода *Chironomus* најчешће развијају две генерације годишње [108, 109] у мају и јулу, мада је у случају врсте *C. balatonicus* могућа појава и више од 2 генерације годишње [110, 111]. То значи да у релативно кратком временском периоду (мај–јул) у наведеном делу језера Балатон може да се развије до 30.4 t ларви, чија биомаса још није адекватно искоришћена.

Негативне последице појаве ројева адулта осим узнемиравања и ремећења нормалних активности становништва представља и непријатан, перзистентан мирис угинулих одраслих јединки, који подсећа на трулу рибу, што је нарочито проблематично уколико ови инсекти уђу у стамбени или радни простор [98, 112]. Одрасле јединке могу проузроковати алергијске реакције на кожи и гушење ако су аспириране у дисајне путеве. [113]. Сузбијање и чишћење угинулих одраслих хириномида на једном језеру у САД-у износило је 50.000 \$ годишње [114]. Ларве, лутке и адулти су значајна компонента у ланцима исхране. Они су извор хране крупнијим бескичмењацима, рибама, водоземцима и птицама. Иако су претежно малих димензија тела, њихов висок репродуктивни потенцијал и релативно велики број генерација чине их веома значајним извором хране за конзументе на вишем трофичком нивоу [101]. Биохемијски састав их чини одличном храном за акваријумске и рибе у рибањацима [115]. Висока пробављивост, високи проценат воде (85–95%), мекоћа и еластична структура која дозвољава риби природну реакцију на храну пружају значајне предности у односу на индустријске типове хране [116]. Додатно, неконзумирана индустријска храна која садржи висок проценат суве материје нежељено, контаминира воду. Стога се употреба природне хране сматра бољим решењем, барем када је реч о исхрани млађи [117]. Ларве *Chironomus plumosus* су изванредна храна за узгој шаранске млађи, при чему је утврђено да ларве првог ступња (L_1) садрже 6.61% протеина, 0.49% липида и 88.95% воде, а ларве другог ступња (L_2) 6.18% протеина, 0.73% липида и 89.62% воде [118]. Деверика (*Abramis brama*) се храни искључиво јувенилним стадијумима хириномида [119]. Значајни конзументи хириномида су и остале врсте риба: балавац (*Gymnocephalus cernuus*), бодорка (*Rutilus rutilus*), сабљар (*Pelecus cultratus*), уклија (*Alburnus alburnus*) и шаран (*Cyprinus carpio*) [119]. Ларве су високо заступљене и у исхрани врста риба из фамилија Salmonidae, Coregonidae и Cichlidae (род *Tilapia*) [94]. Технологије које би обезбедиле масовно сакупљање ларви са дна језера, канала и река у којима живе хириномиде нису још развијене. Једина данас доступна алтернатива је примена различитих типова клопки за сакупљање одраслих (нпр. клопке са поларизованом светлошћу), које се препоручују као додатна мера за редукацију броја одраслих, а сакупљени адулти могу бити искоришћени као храна за животиње [120]. За врсту *C. plumosus* која је регистрована и у Србији, акустичне клопке (300–390 Hz) су се показале веома ефикасним [121]. Не постоје подаци о могућностима коришћења одраслих у исхрани животиња и људи.

Следећа бројна група инсеката који су веома значајни молестанти и вектори опасних обољења на простору Србије су комарци [122–125]. Комарце карактерише висок репродукциони потенцијал. Неке врсте имају неколико генерација годишње, што обезбеђује предуслове за формирање популација са енормно великим бројем индивидуа. У Ковиљском риту,

за једну ноћ у минијатурној клопци центра за превенцију и контролу заразних болести из Атланте, САД, сакупљено је 69.564 јединки одраслих комараца (Петрић и Згомба, 1993, необјављени подаци). На територији општине Бачка Топола (Панонија) регистровано је 11.504 комараца/ноћ врсте *Culex pipiens* (Петрић, Згомба и Кавран, 2014, необјављени подаци).

Предатори одраслих комараца су ретки и мање успешни у односу на предаторе јувенилних стадијума из више разлога: одрасли комарци се по правилу не јављају у густим, огромним ројевима као одрасле хириноиде; активност већине врста комараца је највећа после заласка сунца што се не подудара са периодом активности великог броја предатора; популације комараца се не јављају у регуларним интервалима, а високу бројност достижу у кратком временском периоду у коме предатори могу да конзумирају само безначајни део продукване биомасе. Јувенилни стадијуми су сконцентрисани на мањем простору од одраслих и због тога се њима храни већи број животиња. Рибе као предатори су успешније тамо где вегетација није густа [126]. Истраживања у Немачкој су показала да рибља млађ нативних врста риба из породице шарана, дужине тела 5 cm, храњена ларвама комарца четвртог ступња (L_4) врсте *Aedes vexans* дневно може да поједе следећи број ларви: *C. carpio* 302, *Carassius carassius* 238, *Tinca tinca* 185, *A. brama* 148, *R. rutilus* 147, *A. alburnus* 113, *Leucaspis delineatus* 99, *Scardinius erythrophthalmus* 80, *Gobio gobio* 63 [127]. Већи примерци караша (*C. carassius*) и црвенперке (*S. erythrophthalmus*) могу за 12 сати да поједу више од 1.000 јединки ларви комараца из родова *Aedes/Ochlerotatus* [127]. Из групе водоземаца, значајним предаторима јувенилних стадијума комараца сматрају се представници из фамилије даждевњака, и то велики и мали мрмољак (*Triturus cristatus* и *Triturus vulgaris*). Ларве мрмољака, старе 5–10 недеља, дневно улове и до 100 ларви комараца *Cx. pipiens* четвртог ступња [128, 129]. Супротно даждевњацима, жабе су мање значајни предатори комараца. Једина европска врста у чијој исхрани су комарци чинили значајан удео оброка била је врста *Bombina bombina* (5.7% када су у питању комарци врсте *Cx. pipiens* и 16.7% када је у питању *Anopheles maculipennis* s.l.) [130]. Птице се не сматрају ефикасним предаторима комараца, пре свега јер им се време активности не поклапа, па тако у исхрани младунаца градске ласте (*Delichon urbica*) комарци чине свега 0.1% [131]. Слепи мишеви нису значајни предатори комараца, без обзира што им се период активности поклапа. Удео комараца у њиховој исхрани је веома мали, осим када је густина популација комараца веома висока. Истраживања у Шведској су показала да се једна врста слепог миша (*Eptesicus nilssonii*) значајно ослања на исхрану комарцима током лета [132]. Осим кичмењака, многи бескичмењаци могу бити предатори комараца. У Централној Европи, плоснати црви рода *Bothrosomostoma* могу бити значајни предатори, јер им је исхрана фокусирана на ларве комараца. Када се јаве у високој бројности, плоснати црви могу елиминирати

сати мање популације ларви *Ae. vexans* [133]. У лабораторијским условима врсте рода *Bothromesostoma* могу конзумирати и до 67 ларви током свог развића [126]. Међу пауцима, најефикаснија је акватична врста *Argyroneta aquatica*, која дневно може да поједе до 29 ларви комараца четвртог ступња [129]. Ларве и одрасле јединке вилинских коњица су значајни предатори комараца. Kögel [129] наводи да ларва врсте *Aeshna cyanea* конзумира до 100 ларви/дан. Међу воденим стеницама, врста *Plyocoris cimicoides*, која је веома распрострањена у Европи, сматра се изузетно прождрљивом и у просеку конзумира до 35 L₄ ларви *Ae. vexans* дневно, док врста *Notonecta glauca* поједе дневно 25, а *Nepa cinerea* 10–18 ларви *Ae. vexans* истог узраста [129]. Од свих акватичних тврдокрилаца гњурци (фам. Dytiscidae) се сматрају најзначајнијим предаторима јувенилних стадијума комараца [134]. Младе ларве врста *Dytiscus marginalis* и *Dytiscus circumflexus* могу да поједу и до 100 L₄ *Ae. vexans* ларви/дан [129], док врста *Hydrophilus caraboides* (фам. Hydrophilidae, веслари) може појести до 67 (у просеку 30) ларви комараца L₄ ступња врсте *Ae. vexans* дневно.

На простору Војводине највећу бројност достижу речни комарци (пре свега врста *Ae. vexans*), чије је пиљење и даљи развој у корелацији са плавлњем река. Речни комарци полажу јаја на влажно тло, при чему увек бирају фреквентно плавлјене површине. Свако плавлње изазива појаву огромног броја ларви речних комараца које ни један предатор на овим просторима не може да конзумира у толикој мери да значајно редукује њихову бројност, чак ни златни караш, који као један од најзначајнијих предатора може да конзумира и до 1.000 ларви за 12 сати [131]. Међутим, ни један од наведених организама не базира своју исхрану на речним комарцима, јер се развој ових комараца од пиљења ларви до еклозије одраслог инсекта одвија веома брзо и траје 6–14 дана у зависности од температуре воде, а сама појава зависи искључиво од времена и интензитета пораста нивоа река (нема правила на сезонском нивоу). Развиће ларви одвија се у плиткој води, која је рибама, као најефикаснијим предаторима, углавном неприступачна. Висок ниво Дунава у 2009. години условио је масовну појаву јединки врста *Ae. vexans* и *Ae. sticticus*, када су Vujić *et al.* [135] средином маја сакупили 18.000 адултних индивидуа за један дан (аутори не наводе прецизно на који број клопки се односи наведени улов). Према прорачунима базираним на резултатима наших истраживања, извориште ларви површине 3 ha (средње велико) и дубине воде 10 cm садржи 3.000.000 l воде. Ако 1 l воде садржи 1.000 ларви, што је чест случај у нашим условима, поменуто извориште подржава развој 3.000.000.000 ларви (Петрић, необјављени подаци). Ларва комарца четвртог ступња развоја тежи од 0.02–10 mg [136]. Уколико узмемо средњу вредност масе ларви, долазимо до податка да се у једном изворишту од 3 ha развијају комарци биомасе 15.3 t, односно да потенцијална продукција износи 5.1 t/ha. Без обзира на огроман потенцијал, сакупљање лар-

ви комараца у природним стаништима и коришћење за исхрану других животиња (акваријумских животиња или рибе гајене у рибњацима) се не практикује, иако би било потпуно оправдано и нешкодљиво са аспекта очувања акватичних екосистема.

Осим што се могу сакупљати у природи, комарци се могу производити у лабораторијским условима за потребе исхране других животиња. Када говоримо о оваквом начину добијања протеина, важно је истаћи да је врста *Culex pipiens* биотип *molestus* најбољи избор. Женке овог биотипа карактерише аутогеност, што значи да имају способност формирања првог јајног легла без узимања крвног оброка. Колонија се формира у кратком временском периоду и представља веома једноставан начин добијања великог броја индивида (необјављени подаци). Подаци о могућностима коришћења ларви и одраслих комараца у исхрани животиња и људи још увек не постоје.

У развијеним земљама ЕУ органска материја се компостира у великим индустријским постројењима, која су идеална за развој кућне муве (*M. domestica*). У циљу сузбијања, најважније је онемогућити приступ одраслих и опстанак ларви мува на местима где се органски отпад компостира. Ларве мува се развијају у површинском слоју компоста (у дубини од неколико центиметара). Уколико се површина прекрије слојем љуски кикирикија, опилцима дрвета/пиљевином или исецканим старим папиром дебљине од 7–10 cm, решава се проблем непријатних мириса и спречава овипозиција мува [137]. Друго решење је манипулација температуре, јер ларвама за развој највише одговара температура од 20–25°C. Када температура достигне 46°C ларве почињу да напуштају супстрат, а при температури изнад 48°C угињавају. Температура од 54–60°C је честа у току процеса адекватне ферментације компоста, што чини супстрат неповољним за развој мува [138, 139]. Поред примене наведене мере, која није једноставна ни јефтина, број одраслих мува које продукују фабрике компоста увек представља проблем за становништво које живи у њиховој близини. Међутим, уколико се истраживања усмере на проналажење ефикасних метода за сакупљање одраслих мува у постројењима за ферментацију, онда мере сузбијања могу бити замењене стимулацијом размножавања мува и њиховом употребом за храну других животиња. Применом адекватних врста клопки („Fly trap“© WHO) редукује се популација мува, а сакупљени адулти се користе као извор протеина у сточној или храни за кућне љубимце [139].

У Европи је још од 18. века посебна пажња посвећивана гундељима врсте *Melolontha melolontha* као потенцијалној храни за људе. Француски сенатор Tesselin је објавио рецепт за припрему ове врсте у *Journal Officiel*, наводећи да се ради о феноменалном јелу кога препоручује свим гурманима. Све до средине двадесетог века супа од гундеља је била деликатес у Француској и Немачкој, у којима је била омиљена као и супа

од јастога. Упркос тадашњем високом статусу, супа од гундеља је данас права реткост због полемика око нивоа заштите гундеља и станишта у којима живе. Ипак, овај охрабрујући пример показује да се навике и табуи становника Европе везани за употребу инсеката у исхрани људи могу променити [1, 140].

Исхрана инсектима у природи може бити веома опасна, и због тога је за оне који се баве екстремним спортовима и преживљавањем неопходно поседовање основног ентомолошког знања. Конзумација гусеница чије су сете токсичне може узроковати озбиљне тегобе уколико се сете не одстране [141]. Интестиналне тегобе и констипацију може изазвати исхрана скакавцима или зрикавцима којима нису одстранене ноге. Трнови, који постоје на ногама скакаваца, се могу лако закачити за зидове цревног тракта и у том случају једино могуће решење је њихово отклањање оперативним путем [142]. Несварљиви хитин може да се акумулира у цревима и узрокује потпуну констипацију, након чега пацијент обавезно подлеже операцији [143]. Штетни метали из животне средине могу да се задржавају у хелијама неких инсеката. Ларве *T. molitor* могу да акумулирају кадмијум уколико се хране органском материјом која садржи овај метал [144]. Међутим, Lindqvist и Block [145] су утврдили да се са сваким пресвлачењем у току развића инсекта смањује количина биоакумулисаног кадмијума. Следећи проблем су алергијске реакције које поједини инсекти индукују код људи. Истраживања су показала да код људи који раде на узгоју ларви *T. molitor* постоји повећан ризик од алергијских реакција [146,147].

Многе врсте које човек сматра штеточинама у агробеоценозама, могу се сакупљати и употребљавати у људској исхрани, као на пример скакавци (ред Orthoptera) врста *L. migratoria* и *Schistocerca gregaria* (у Америци, Африци, Азији), *Locustana pardalina* (у Јужној Африци), *Zonocerus variegatus* (у Африци), *S. purpurascens* (у Мексику), ларве разних тврдокрилаца (ред Coleoptera), као што су носорошци *Oryctes rhinoceros* (у Америци, Африци, Азији), *Augosoma centaurus* (у Африци), сурлаши *R. phoenicis* (у Африци), *R. ferrugineus* (у Азији) и *R. palmarum* (у Америци), стрижибубе *Apriona germari* (у Азији), гусенице (ларве Lepidoptera) *Agrius convolvuli* (у Јужној Африци), *Anaphe panda* и *Gynanisa maja* (у Африци) [23].

МАСОВНА/ИНДУСТРИЈСКА ПРОИЗВОДЊА ИНСЕКАТА

У умереном климату гајење инсеката (скакаваца, попаца, брашнара) у контролисним условима ради коришћења као хране за кућне љубимце, углавном представља породични бизнис. Гајење великог броја инсеката за конзумацију целих јединки или за екстракцију протеина, могуће је у индустријски развијеним земљама. Критични моменти за успешан узгој

инсеката су пре свега познавање биологије, услова гајења и потреба у исхрани врсте која се гаји [148–150]. Висок хигијенски ниво и здравствено безбедни квалитет производње је есенцијалан за проширење употребе инсеката у људској исхрани.

Осим тога, посебан изазов представља развој аутоматизованог процеса масовног гајења инсеката, који треба да обезбеди задовољавајућу рентабилност производње.

Пожељне карактеристике врсте која би дала високи принос у добром аутоматизованом производном систему су:

а) да захтева релативно мали простор за гајење; б) да није агресивна према јединкама исте и других врста; в) да јединке не узнемирава присуство човека; г) да се лако размножавају у затвореном простору и имају висок репродукциони капацитет; д) да имају кратак циклус развића, високу стопу преживљавања јувенилних стадијума, високу стопу овипозиције, висок потенцијал за повећање биомасе по дану и ниску осетљивост на патогене/паразите; ђ) да прихватају различите типове вештачке хране (омниворни режим исхране) и немају канибално понашање; е) да су слабо покретни и немају потребу за већим радијусом кретања, да су високо толерантни и адаптивни на услове гајења [151, 152].

Да би рентабилност производње инсеката била на нивоу успешне индустријске продукције, потребно је произвести 1 t свеже масе инсеката дневно [1]. Међу низом инсеката који представљају добар потенцијал за индустријску производњу сточне хране, најзначајнијим се сматрају *H. illucens*, *T. molitor*, *M. domestica* и *B. mori*.

H. illucens је инвазивна врста, пореклом из Америке, која је трговином раширена на друге континенте [153]. У Европи је први пут регистрована на Малти 1926. године [154], а до данас је њено присуство утврђено у Португалији, Шпанији, Француској, Италији, Сардинији, Швајцарској, Хрватској, Албанији, Турској, Словенији, Грчкој, Црној Гори [155–167]. Недавно, 2008. године, утврђена је на Алпима у Немачкој [168] и североисточном делу Чешке [169], што потврђује да је реч о веома адаптивнијој врсти. У Италији је први пут регистрована 1965. године [170], а данас је широко распрострањена на целој територији земље, укључујући и северне делове до 1300 m надморске висине. На простору Италије, ова врста се развија на биоотпаду и веома је резистентна на инсектициде [171–173]. Осим тога, негативно утиче на популације аутохтоних врста мува (*M. domestica*), јер редукује влажност стајњака, те погоршава услове за развој ларви кућне муве. Сматра се такође да ова врста својим присуством репелентно делује на овипозицију кућних мува [174]. Ово је изузетно значајно за земље у развоју, где отворена/полуотворена канализација и постројења за пречишћавање фекалија омогућавају несметан развој и ширење кућне муве, која може бити значајан механички вектор опасних патогена [175]. Утврђено је да је *H. illucens* редуковала популацију кућне

муве на свињском и живинском стајњаку за 94–100%. Овај податак говори о могућој практичној примени *H. illucens* на фармама и домаћинствима са неадекватним хигијенско-санитарним мерама, где би индиректно утицала на побољшање здравственог стања истискивањем кућне муве [176, 177]. Ларве *H. illucens* су најбројније око гомила пилећег, говећег или свињског стајњака. Густа популација ларви се такође развија и на органском отпаду. Ларве се хране воћем и поврћем у фази распадања и људским екскрементима, чиме исушују отпадне материје, постижући редукуцију влаге од 55% [177–180]. Око 45.000 ларви конзумира за 14 дана 24 kg свињског стајњака [181]. Због наведених особина могу да се користе и комерцијално за решавање еколошких проблема нагомилавања стајњака и другог органског отпада који успешно и брзо разграђују и истовремено за продукцију сточне хране високе нутритивне вредности [177].

H. illucens није синантропна врста и не сврстава се у молестанте јер не посећује места где се човек храни и живи, што је чини посебно атрактивном за комерцијалну употребу. Сматра се да адулти не долазе у директни контакт са органским отпадом, пре свега зато што се не хране, а затим јер јаја никад не полажу директно на биоотпад, него у његовој непосредној близини и да због тога не представљају потенцијалне механичке векторе патогена човека и животиња [182–184]. Већа вероватноћа негативног утицаја односи се на могућност случајне ингестије живих ларви од стране човека или животиња и појаву мијаза које може изазвати [185].

У затвореним системима узгоја говеда ларве *H. illucens* могу да редукују садржај фосфора за 61–70% и азота за 30–50%. Приликом развоја на свињском стајњаку смањују садржај N (за 71%), P (за 52%), K (за 52%), као и микроелементата Al, B, Cd, Ca, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Mo, Ni, Na, S и Zn (за 38–93%) [186]. Ларве аерирају и суше стајњак и тако елиминишу непријатне мирисе, модификују микрофлору стајњака редукујући штетне бактерије, као што су *E. coli* 0157:H7 и *Salmonella enterica* у кокошијим екскрементима [187, 188]. Sheppard *et al.* [186] сматрају да ове ларве садрже природне антибиотике, слично ларвама *Lucilia sericata* које су нашле примену у терапијама чишћења људских рана. Поред високе ефикасности у редуковању загађености животне средине, употреба зрелих ларви последњег ступња (у фази пред улуткавање) као сточне хране има огроман потенцијал [176, 189]. Осушене ларве садрже 42% протеина и 35% масти, те као компонента у храни повољно утичу на развој пилића [190], свиња [189], неких врста риба, као што су дужичаста пастрмка (*Oncorhynchus mykiss*) [191], каналски сом (*Ictalurus punctatus*) [35, 192] и *Oreochromis aureus* [186, 192] и ракова (*Macrobrachium rosenbergii*) [193].

Осим што су добра храна за рибе, ларве могу да се хране и узгајају на риблим остацима и изнутрицама. Овако гајене ларве у поређењу са ларвама гајеним на стајњаку, имају за 30% већи садржај липида и 3% више омега-3 масних киселина [191]. Ларве *H. illucens* се такође могу користити

за производњу биодизела (1.000 ларви које расту на 1 kg говеђег, свињског или пилећег стајњака продукују редом 36 g, 58 g или 91 g биодизела [194] или богата органска ђубрива [181].

До данас је развијено неколико метода за гајење ове врсте на свињском [177] и живинском стајњаку [176] као и на остацима хране [195]. Дизајнирање контејнера за узгој базирано је на екологији ларви које напуштају супстрат у коме су се храниле непосредно пред улуткавање. Зреле ларве напуштају извор хране, пењу се и мигрирају преко обода контејнера тражећи суво и заштићено место за улуткавање. По ободу контејнера смештене су посуде намењене за сакупљање у које мигрирајуће ларве улазе [180]. Раније је владало мишљење да интензитет сунчеве светлости има есенцијалну улогу у одређивању момента за парење ове врсте [196], међутим Zhang *et al.* [197] су утврдили да вештачка светлост одређеног интензитета (500 W , $135 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) такође стимулише парење и овипозицију у истој мери као и природна светлост.

Ларве кућних мува (*M. domestica*) су веома важан извор протеина за пилиће. Од укупне масе ларви протеини чине 45–60 %, масти 20–35 %, а такође су богате и минералним материјама (Ca, P, Na, K, Mg, Zn, Mn, Fe) [198]. *M. domestica* се сматра добрим медијумом за масовну производњу, јер је карактерише кратак животни циклус и висок репродукциони потенцијал. Брзина развоја ове врсте зависи пре свега од температуре (на 16°C развиће траје 45 дана, на 20°C 20 дана, на 30°C 10 дана и на 35°C свега 7 дана) [199, 200] и влажности ларвеног супстрата која мора бити већа од 30% [201]. Пре више од 100 година, Hodge [202] је запањено свет прорачуном да би само један пар мува, уколико би се несметано размножавао од априла до августа, а сви потомци преживели и наставили са успешним размножавањем, оставио $191,010 \times 10^{15}$ потомака, који би прекрили нашу планету слојем дебљине 14.3 m. На сву срећу природа не функционише по једноставним принципима тако да је ова бројка у природној реалности недостижна, пре свега због лимитирајућих услова станишта, конкуренције, предације, болести и неповољних метеоролошких фактора.

Ларве мува својом исхраном конвертују стајњак у високо вредне протеине. Колико би њихова практична примена могла бити значајна говори податак да се годишње у земљама ЕУ продукује око 1.4 милијарде тона стајњака, који би ларве мува могле да конвертују у 17.5 милиона тона инсекатских протеина. Само у Великој Британији се продукује 4.4 милиона тона пилећег стајњака, а у Енглеској и Велсу 10 милиона тона свињског стајњака за годину дана [203]. Због тога Велика Британија улаже напоре да успостави стабилну индустријску производњу мува (нпр. предузеће Grantbait Ltd, у коме неколико постојећих производних јединица производи недељно 20 тона ларви кућне муве, односно 5 тона суве материје) [203]. У Кини већ постоји потпуно разрађен, стабилан систем продукције ларви кућне муве од којих се производе органска ђубрива

[204]. Истраживања су показала да ларве мува могу да служе као пилећа/кокошија храна и као храна за шкампе (*Litopenaeus vannamei*). Уколико се користе као 5% суплемент у редовној исхрани кокошака, свеже ларве мува могу значајно побољшати перформансе које се односе на полагање јаја, фертилност и стопу пиљења из јаја, а такође јачају и имуни систем [204]. Ларве могу да се користе свеже, али је у случају интензивног гајења са аспекта складиштења и транспорта, адекватнија примена сувих продуката. Истраживања су показала да брашно добијено од ларви може да замени рибље брашно у производњи пилића бројлера [205, 206]. Када је у исхрани бројлера 25% рибљег брашна замењено брашном од ларви кућне муве, постигнута је виша стопа просечног недељног прираста. Масовно укључивање кућне муве у исхрану стоке и даље је полемично, јер је познато да адулти активно учествују у механичкој трансмисији великог броја патогена. Ларве се развијају у измету и органској материји која се распада, те управо због тога постоји забринутост о могућем преношењу патогена. Awoniyi *et al.* [207] су у једном истраживању у Нигерији утврдили да је складиштено брашно ларви подложно нападу бактерија и/или гљива уколико је садржај влаге превисок, те аутори препоручују сушење до нивоа од 4–5% садржаја влаге и заштиту водоотпорним паковањем.

У склопу процеса стандардизовања Европске индустрије сточне хране коштано и рибље брашно је супституисано одговарајућом количином брашна добијеног од ларви кућне муве у исхрани млађи лососа (40% протеина), пилића бројлера (25% протеина) и прасића (20% протеина). Перформансе свих животиња су биле исте са контролном групом животиња које су добијале храну без супституције. Са микробиолошког аспекта није уочено повећање броја микроорганизама у месу риба, свињетини и пилетини [198]. Алтернативне врсте мува за гајење могу бити зунзаре, *Calliphora vomitoria* и *L. sericata*, али је њихов развој много спорији у односу на кућну муву [203]. Ларве *L. sericata* су нашле примену и у медицини. Живе, дезинфиковане ларве се интродукују на меко повређено ткиво/рану људи или животиња у циљу чишћења некротираног ткива и дезинфекције трауматизованог ткива.

Велики брашнар, *T. molitor* такође поседује добар потенцијал за масовно гајење у Западним земљама Европе, јер је реч о ендемској врсти умереног климата, једноставној за масовно гајење, са кратким животним циклусом и разрађеном технологијом гајења, нарочито у прехранбеној индустрији намењеној кућним љубимцима. Ларвама је за нормалан развој потребна храна са садржајем угљених хидрата већим од 40%, а оптимално се развијају када је садржај око 70% [208]. Добро подносе недостатак воде, али се брже развијају уколико им је вода доступна [209]. Могу да се гаје на ниско-нутритивном биоотпаду и да служе као храна пилићима бројлерима. Ramos Elorduy *et al.* [42] су гајили ове ларве на неколико сувих отпадних материја различитог порекла. Ове ларве представљају

добру алтернативу конвенционалним изворима протеина, нарочито као замена за сојино брашно. Ево и рецепта за укусне колаче од ларви великог брашнара. Састојци: меко брашно (550 g), сода-бикарбона (5 g), со (5 g), отопљени путер (250 g), кристал шећер (175 g), изломљене суве ларве великих брашнара (125 g), браон шећер (175 g), ванила шећер (5 g), јаја (2 комада) и чоколадне љуспице (360 g). Очишћене и припремљене ларве ставити на папир за печење у рерну на 100°C, у трајању од 1–2h. Загрејати рерну на 190°C. У посуди умесити брашно, соду бикарбону и со. У другој посуди умутити путер, кристал, браон и ванила шећер и улупана јаја. Полако додавати мешавину из претходне посуде и на крају додати чоколадне љуспице и ларве. Кашичицом ставити смесу на папир за печење и пећи 8–10 минута у загрејаној рерни [210].

За производњу Mighty Mealys™, ларве *T. molitor* се третирају јуvenilним хормоном који спречава улуткавање и дозвољава ларвама да расту до дужине од 4 cm, што их чини оптималном храном за кућне љубимце. „Vuqadilla“ је иновативна ужина/грицкалица (snack) која се развија на холандском тржишту. Реч је о зачињеном мексичком јелу направљеном од леблебија и ларви малог брашнара *Tribolium confusum* (40%). Добро је прихваћен у неколико ресторана, а неки од њих су постали чувени по храни припремљеној од инсеката. Ова здрава и егзотична грицкалица је добар пример приступачног и културолошки прихватљивог начина промовисања употребе инсеката у исхрани људи [211]. „Crikizz“ је сличан производ, чији су састојци маниока („cassava“) и ларве брашнара (10–20%) који је награђен на националном француском такмичењу кулинарских иновација „Eco-trophéla 2012“ [1]. Кинеска компанија HaoCheng Mealworm Inc. је специјализована за производњу и продају ларви *T. molitor* и *Z. morio*. Фарма је основана 2002. године, састоји се из 15 постројења за гајење, месечно продукује 50 тона *T. molitor* и *Z. morio* и сваке године извози 200 тона сувих брашнара у Аустралију, Европу, Северну Америку и Југоисточну Азију [1]. За људску исхрану брашнари у праху (брашно од брашнара) могу да се додају у хлеб, брашно, инстант нудле, пецива, бисквите, слаткише и зачине. Могу се конзумирати цели, као главно јело или прилог, или се прерађују за добијање медицинских суплемената који служе за јачање имуног система. За исхрану животиња могу бити коришћени цели инсекти или као суплементи у храни за кућне љубимце (птице, псе, мачке, жабе, корњаче, рачиће, шкорпионе, мраве, златне рибице и дивље животиње) [212].

Скакавци садрже више протеина у поређењу са рибљим и сојиним брашном доступним у Индији [213], што је нарочито значајно са економског аспекта, јер цена конвенционалне сточне хране износи чак 60% од укупне цене коштања узгоја домаћих животиња. Неизоставна чињеница је и недостатак кукуруза и соје у производњи сточне хране, јер се ове културе приоритетно гаје за исхрану људи. Townsend и Bessi [214] наво-

де да је гајење попаца једноставан начин обезбеђивања извора протеина кућним љубимцима или добијања атрактивних мамака за рибу. Развој од јајета до адулта траје 3 месеца, мада су ларве довољно велике и могу се конзумирати месец дана након пиљења. Оптимална температура за узгој је 30°C, а при температурама нижим од 10°C развој се значајно успорава или зауставља. У Камбоџи, Лаосу, Вијетнаму и Тајланду попси су чест састојак ужина. На Тајланду се око 20.000 фармера бави узгојем попаца, што обезбеђује годишњу продукцију од 7,500 t ових инсеката [215]. Као храна за људе и кућне љубимце најчешће служе адулти, а биолошки отпад који остаје после гајења попаца користи се као органско ђубриво [215]. Профит зависи од величине фарме, односно обима продукције. Фарма средње величине у сваком „жетвеном“ циклусу (интервалу од 45 дана) продукује 500–750 kg попаца вредних 800 до 1.800 евра, а на годишњем нивоу од 3.500 до 9.000 евра за 4–5 жетвених циклуса. Велике фарме могу да произведу и 1.5 до 2 тоне у сваком „жетвеном циклусу“ [215].

У успешној Холандској компанији „Креса“ продаја инсеката врсте *A. domesticus* је износила више од 10.000 кутија попаца недељно. У 2000. години се десила катастрофа када је због уношења и брзог ширења *Densovirus* ентомопатогеног вируса за неколико сати угинуло више од 50% популације и производња доживела потпуни крах. Без обзира на то што су спроведене темељне санитарне мере, укључујући и промену локације производње, уложени напори су били узалудни а даље гајење је прекинуто. Овај драстичан пример указује да ослањање на гајење само једне врсте не треба практиковати пре свега због рањивости производње са аспекта инцидентног уношења патогена и/или паразита. Данас ова компанија осим *A. domesticus* производи и врсте *Gryllus bimaculatus* и *Grylloides sigillatus*. Фарме за стабилну индустријску производњу попаца врсте *A. domesticus* (тзв. „Big Cricket Farms“) основане су и у Великој Британији и САД-у [216]. Упркос широкој пракси индустријског гајења попаца, неки аутори сматрају да је само гајење врста *Gryllus bimaculatus* и *A. domesticus* економски рентабилно [1].

Доместификована форма свилене бубе (*B. mori*) има већи кокон, а гусенице повећану стопу раста, ефикасност дигестије лишћа дуда и толерантност на услове високе густине популације. Адулти не могу да лете и преживљавање ове врсте потпуно зависи од човека. Као биопродукт у исхрани људи се користи лутка свилене бубе. Овде је у питању тзв. дуални систем продукције, јер се кокони, сачињени од влакна свиле, користе у текстилној (серикултура), а лутке у прехранбеној индустрији. У Колумбији, годишња производња износи 1.2–1.4 милиона кокона свилених буба/ха плантаже дуда, при чему једна лутка садржи 0.33 g суве материје, односно просечно поље обезбеђује 400–460 kg/ха квалитетне хране [217]. Осим тога, фецес гусеница се може користити као органско ђубриво или храна за рибе у рибањацима. У Индији се „сероотпад“ користи за добијање

биогаса и за компостирање, а у Кенији се остаци лутки дају као храна пилићима.

У зони умереног климата бројне компаније се баве масовном продукцијом инсекта за исхрану риба и кућних љубимаца, и то врстама из реда правокрилаца (*G. sigillatus*, *G. bimaculatus*, *A. domesticus*, *L. migratoria*), тврдокрилаца (*Z. morio*, *A. diaperinus*, *T. molitor*, *Pachnoda marginata peregrina*), затим кућне муве (*M. domestica*), бубашвабе *Blaptica dubia* и восковог мољца *Galleria mellonella* [1].

AgriProtein је нова компанија која свој развој базира на рециклирању органског отпада и добијању протеина који се користе у производњи сточне хране. Процес се базира на гајењу мува у кавезима (750 000 мува по кавезу) у којима се као храна за ларве користе различите врсте биоотпада, укључујући човеков фецес, крв из кланица и остатке хране. Ларве се сакупљају непосредно пред улуткавање, суше, мељу и пакују према захтевима потрошача. Брашно од ларви мува садржи 9 есенцијалних аминокиселина. AgriProtein производи 1 t брашна на дан и има планове да дневну производњу повећа на 100 t [218].

Холандија развија иновативни ланац снабдевања који укључује масовно гајење инсеката и маркетинг производа инсекатског порекла за исхрану људи и животиња. Истраживачки институти знањем и капацитетима у оквиру развојних пројеката подржавају ову иницијативу.

У Холандији је у 2008. години основана асоцијација VENIK, која представља удружење холандских фармера узгајивача инсеката, опредељена за дугорочну стратегију промовисања употребе инсеката у исхрани људи и животиња и производњи фармацеутских производа. Подршку овом удружењу пружају истраживачки институти који знањем и капацитетима у оквиру развојних пројеката подржавају ову иницијативу. VENIK пружа информације о јестивим инсектима намењене експертима, потрошачима и медијима и има визију да ће инсекти постати тражени извор хранљивих материја и одрживи извор протеина за различите типове хране. У складу са НАССР стандардима, VENIK подржава производњу три инсекатске врсте за људску исхрану: *T. molitor*, *A. diaperinus* и *L. migratoria* [219]. Постоји више иницијатива које треба да помогну рушењу предрасуда о употреби инсеката у исхрани људи као што су „Bug banquets” [220, 221] где учесници промовишу конзумацију инсеката као хране, продају у ексклузивним продавницама типа „Harrods“ и „Selfridges“ и комбиновање са модерним и атрактивним састојцима (у Бриселу се продају попци преливени најфинијом чоколадом и потопљени у златну боју) [1].

ЗАКЉУЧНА РАЗМАТРАЊА

Одрживи режим исхране човека и животиња мора да штити и поштује биодиверзитет и целовитост екосистема, да буде културолошки прихваћен, приступачан, економски прихватљив, нутриционистички адекватан, безбедан и здрав, и омогући оптимизацију природних и људских ресурса [222]. Јестиви инсекти се потпуно уклапају у такав концепт. Упркос свим наведеним предностима, у западним земљама прихватање потрошача и даље представља баријеру за укључивање инсеката као извора протеина у исхрани људи. Међутим, кроз историју се показало да се обрасци у исхрани могу релативно брзо мењати. Урбанизација дистанцира човека од природе и мења старе навике тако да је конзумација скакаваца у долини Нила ишчезла у свим деловима који су подлегли снажном утицају Запада [223]. Дobar пример је такође и брзо и глобално прихватање конзумирања јапанског начина припремања сирове рибе (суши), условљено промовисањем различитих концепата здраве исхране и модним трендовима.

Најновија истраживања потврђују да су јестиви инсекти обећавајућа алтернатива за конвенционалну производњу меса за исхрану људи и животиња. Међутим, још увек су неопходни огромни напори да би њихова употреба у исхрани човека и животиња била прихваћена, а потенцијал искоришћен. Аргументи, као што су висока нутритивна вредност, пријатан укус, минималан неповољан утицај гајења инсеката на животну средину и низак ризик за преношење и ширење патогена, могу и треба да допринесу променама перцепције о инсектима као храни.

Продукција инсекатске биомасе за исхрану стоке и риба може бити комбинована са биодеградацијом стајњака, компостирањем и санацијом отпада. Инсекти имају потенцијал да барем делимично замене све скупље изворе протеина за исхрану стоке, живине и риба, а њихово гајење следи принципе циркуларне економије и теорије економисања животном средином.

Житарице, које се данас најчешће користе као сточна храна и имају удео од 50% у трошковима продукције стоке, могле би бити замењене јефтинијим инсектима и остати на располагању за исхрану људи [182]. Светска производња сточне хране је у 2011. години износила 870 милиона тона при чему је приход од њене продаје био око 350 милијарди US\$. FAO је проценио да ће сточарска производња морати да се повећа за 70% да би у 2050. години било довољно хране за предвиђени број становника наше планете [19]. Прву препреку достизању тог циља може представљати превисока цена коштања сточне хране, укључујући месно, рибље и сојино брашно, који данас чине 60–70% од укупне цене производње. Следећи проблем би проузроковала немогућност уклањања скоро дуплираних количина фекалног отпада која би са интензивном биљном производњом још

више угрозила животну средину. У нашим условима неретко се дешава да се огромне гомиле стајског ђубрива депонују на отвореном где продукују огромне ројева мува и потпомажу ширење патогена. Годинама се расправља о неопходним променама у пољопривреди као водећем узроку антропогено индукованих климатских промена. Намеће се потреба за новим технологијама које ће резултирати променама у начину исхране, базираним на здравим намирницама и њиховој одрживијој продукцији [20].

Да би инсекти заузели место нове здраве и одрживе хране, за узгој се морају бирати врсте са високим репродукционим потенцијалом, односно високим овипозиционим капацитетом, кратким животним циклусом, високом стопом преживљавања јувенилних стадијума, високим потенцијалом повећања биомасе по дану, високом стопом конвертовања органске материје којом се хране (kg добијене масе по kg органске материје којом се хране), способношћу живљења у густим популацијама (kg биомасе по m²) и израженом отпорношћу на обољења. Уколико се узму у разматрање наведени параметри, најбољим кандидатима за гајење у циљу добијања хране за људе и животиње сматрају се *H. illuscens* и *T. molitor*.

Промовисање коришћења јестивих инсеката у циљу обogaћивања постојећег режима исхране, у свакој земљи мора бити подржано развојним пројектима који би анализирали и упоређивали нутритивну вредност традиционалних намирница и инсеката који су локално доступни или се могу узгајати. У развијеним земљама пријемчивост потрошача се процењује на основу тржишне вредности хране од инсеката, процењених добробити за животну средину и заступљености јела од инсекта у угоститељској понуди [1].

Данашњи системи производње инсеката у Европи се и даље сматрају прескупим. Резултати студије у Холандији указују да је производња великог брашнара за 4.8 пута скупља од производње регуларне пилеће хране [224]. Истраживања која ће оптимизовати индустријско гајење инсеката стога остају приоритет. На скупу, одржаном у Риму 2012. године („The Expert Consultation Meeting on Assessing the Potential of Insects as Food and Feed in Assuring Food Security“), експерти су саветовали да се у умереним зонама гаје врсте као што је *A. domesticus* које не представљају ризик за животну средину.

Инсекти који су до сада најчешће били скупљани у природи или гајени у Европи су *A. domesticus*, *B. mori*, *G. mellonella*, *Gryllus assimillis*, *H. illuscens*, *L. migratoria*, *M. domestica*, *S. gregaria*, *T. molitor* и *Zophobas atratus* [225].

Врста *H. illuscens* представља добар потенцијал, јер значајно редукује биоотпад, служи као сточна храна и редукује популацију кућних мува [226]. Осим ове инвазивне врсте, многе нативне врсте као што су брашнари, попци, скакавци и сл. представљају значајан извор протеина. Бројне инсекатске врсте у Србији достижу велику бројност, што их често

сврстава у молестанте. То је случај са речним врстама комараца, затим врстама из фам. Chironomidae и кућним мувама. Испитивања могућности њихове експлоатације и гајења у циљу производње сточне хране и хране за кућне љубимце, хране за људе и производње органских ђубрива могла би помоћи одржавању малих сеоских газдинстава и опоравку неких руралних средина. Поред тога не сме се заборавити потенцијал у разлагању органског отпада које неке врсте поседују и који обезбеђује додатну вредност за регионе у којима се гаје. Гајење инсеката захтева минимална техничка знања и капитална улагања, а пошто не захтева приступ или власништво над земљиштем, приступачно је чак и најсиромашнијим и најугроженијим члановима друштва.

Одрживи начини сакупљања различитих врста јестивих инсеката из природе захтевају пажљиво конципирану стратегију која ће обезбедити заштиту циљаних станишта. Истраживањима могућности симултане контроле штетних инсекатских врста (сакупљањем у природи) и коришћења истих као хране, као и развијању једноставних процедура гајења, треба дати приоритет [1].

Инсекти визуелно одбијају велики део становника Северне Америке и Европе и таква перцепција чини основну препреку за њихов улазак на домаће трпезе. Мисек *et al.* [9] сматрају да би људи радо конзумирали инсекте уколико их не би видели и стога препоручују њихово инкорпорирање у јела у прерађеном стању. Уклањање ове баријере омогућило би повећање резноликости у производњи хране, пораст расположиве количине намирница и њихове доступности домаћинствима са лимитираним средствима за живот [227, 228]. Поред тога, развојни пројекти везани за ову проблематику би имали позитиван утицај на повезивање различитих привредних сектора и науке ради проналажења оптималних решења гајења, сакупљања и коришћења инсеката као хране. Грађевински и машински инжењери би дали допринос у конструисању система гајења прилагођених различитим условима животне средине и различитим врстама инсеката; биолози, ентомолози, физиолози и биохемичари у откривању нутријената потребних за постизање високог прираста и квалитета гајених врста; нутриционисти у испитивању утицаја инсекатске хране на метаболизам и здравље конзумента и промовисању предности новог типа исхране уколико се ефекти покажу позитивним; економисти у процени рентабилности узгоја (односа уложених средстава и добити) и сагледавању аспеката трговине инсектима и производа од инсеката.

Иницијатива реализације инсекатског потенцијала као главног извора хране за људе и животиње коју је покренуо FAO, неће моћи да напредује без неопходне подршке коју је потребно добити од стране више друштвених сегмената: а) државних и локалних власти и јавних институција у смислу доношења законске регулативе и финансијског подстицаја; б) министарстава науке, пољопривреде, здравља и заштите животне сре-

дине преко финансирања пројеката; в) прехранбене индустрије која би спремно дочекала и укључила инсекте у производне програме и тако изнела нову храну из лабораторија на трпезе; научне и стручне јавности која би оснивањем удружења и часописа из ове области повезала и омогућила бржи развој и бенефит свим учесницима у продукцији ове врсте хране.

РЕФЕРЕНЦЕ

- [1] Food and Agricultural Organization, FAO (2013): Edible insects. Future prospects for food and feed security. Food and agriculture organization of the united nations. Rome. (Available at: <http://www.fao.org/docrep/018/i3253e/i3253e.pdf>)
- [2] Van Lenteren, J.C. (2006). *Ecosystem services to biological control of pests: why are they ignored?*. Proceedings of the Section Experimental and Applied Entomology-Netherlands Entomological Society 17. pp. 103–111.
- [3] Fontaneto, D., Tommaseo-Ponzetta, M., Galli, C., Risé, P., Glew, R.H., Paoletti, M.G. (2011): Differences in fatty acid composition between aquatic and terrestrial insects used as food in human nutrition. *Ecol. Food Nutr.*, 50: 351–367.
- [4] Sutton, M.Q. (1995): Archaeological aspects of insect use. *J. Archaeol. Method. Th.*, 2: 253–298.
- [5] Ramos-Elorduy, J. (2009): Anthro-entomophagy: Cultures, evolution and sustainability. *J. Entomol. Res.*, 39: 271–288.
- [6] Hernández-Pacheco, E. (1921): Escena pictórica con representaciones de insectos de época paleolítica. *Memoria de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 50: 66–67.
- [7] Darchen, R. (1974): Ah Mucen Cab (La divine abeille rouge). *La Revue Française D'Apiculture*, 321: 262–264.
- [8] Weidner, H. (1952): Insekten im Volkskunde und Kulturgeschichte. *Arbeitsgemeinschaft der Museen in Schleswig-Holstein. Niederschrift über die Tagung der Arbeitsgemeinschaft am 28. und 29. Oktober 1950 im Heimatmuseum in Rendsburg*, pp. 33–45.
- [9] Mlcek, J., Rop, O., Borkovcova, M., Bednarova, M. (2014). A comprehensive look at the possibilities of edible insects as food in Europe—a review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 64(3): 147–157.
- [10] Pimentel, D., Pimentel, M. (2003). Sustainability of meat-based and plant-based diets and the environment. *Am. J. Clin. Nutr.*, 78: 660S–663S.
- [11] Smil, V. (2002). Worldwide transformation of diets, burdens of meat production and opportunities for novel food proteins. *Enzyme and Microbial Technology*, 30: 305–311.

- [12] Nakagaki, B.J., De Foliart, G.R. (1991). Comparison of diets for mass-rearing *Acheta domesticus* (Orthoptera: Gryllidae) as a novelty food, and comparison of food conversion efficiency with values reported for livestock. *Journal of Economic Entomology*, 84(3): 891–896.
- [13] United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. (2013): World Population Prospects - The 2012 Revision – Key Findings and Advance Tables (Working Paper No. ESA/P/WP.227). New York. (Available at: http://www.unfpa.org/webdav/site/global/shared/documents/news/2013/KEY%20FINDINGS%20WPP2012_FINAL-2.pdf).
- [14] Tilman, D., Cassman, K.G., Matson, P.A., Naylor, R., Polasky, S. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418: 671– 677.
- [15] Fiala, N. (2008). Meeting the demand: an estimation of potential future greenhouse gas emissions from meat production. *Ecological Economics*, 67: 412–419.
- [16] Thorne, P.S. (2007). Environmental health impacts of concentrated animal feeding operations: anticipating hazards: searching for solutions. *Environ. Health Perspect.*, 115: 296–297.
- [17] Aarnink, A.J.A., Keen, A., Metz, J.H.M., Speelman, L., Versteegen, M.W.A. (1995). Ammonia emission patterns during the growing periods of pigs housed on partially slatted floors. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 62(2): 105–116.
- [18] Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., de Haan, C, eds. (2006): *Livestock's long shadow: environmental issues and options*. Rome, FAO.
- [19] IFIF (2012): International Feed Industry Federation. (Available at: www.ifif.org). Accessed May 2012.
- [20] Sachs, J. (2010). Rethinking macroeconomics: knitting together global society. *The Broker*, 10: 1–3.
- [21] Wageningen University and Research Centre (WUR) (2013): List of edible insects of the world. Wageningen, Wageningen University (Available at: www.ent.wur.nl/UK/Edible+insects/Worldwide+species+list/)
- [22] Wageningen University and Research Centre (WUR) (2015): World list of edible insects 2015. Department of Entomology of Wageningen University, the Netherlands (Available at: <https://www.wageningenur.nl>).
- [23] 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.
- [24] Ghazoul, J. (2006): Mopani woodlands and the mopane worm: enhancing rural livelihoods and resource sustainability. *Final technical report*. London, DFID.

- [25] Agea, J.G., Biryomumaisho, D., Buyinza, M., Nabanoga, G.N. (2008). Commercialization of *Ruspolia nitidula* (Nsenene grasshoppers) in Central Uganda. *African Journal of Food Agriculture and Development*, 8(3): 319–332.
- [26] Hanboonsong, Y. (2010): Edible insects and associated food habits in Thailand. In P.B. Durst, D.V. Johnson, R.L. Leslie., Shono., K. *Forest insects as food: humans bite back. Proceedings of a workshop on Asia-Pacific resources and their potential for development*, pp. 171–182. Bangkok, FAO Regional Office for Asia and the Pacific.
- [27] Sirimungkararat, S., Saksirirat, W., Nopparat, T., Natongkham, A. (2010): Edible products from eri and mulberry silkworms in Thailand. In P.B. Durst, D.V. Johnson, R.L. Leslie. and K. Shono, eds. *Forest insects as food: humans bite back, proceedings of a workshop on Asia-Pacific resources and their potential for development*. pp. 189–200. Bangkok, FAO, Regional Office for Asia and the Pacific.
- [28] Ryu, K.S., Lee, H.S., Kim, K.Y., Kim, M.J., Kang, P.D., Chun, S.N., Lee, S.H., Lee, M.L. (2012): Anti-diabetic effects of the silkworm (*Bombyx mori*) extracts in the db/db mice. *Planta Med.*, 78: 458.
- [29] Hackstein, J.H., Stumm, C.K. (1994): Methane production in terrestrial arthropods. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 91(12): 5441–5445.
- [30] Egert, M., Wagner, B., Lemke, T., Brune, A., Friedrich, M.W. (2003). Microbial community structure in midgut and hindgut of the humus-feeding larva of *Pachnoda ephippiata* (Coleoptera: Scarabaeidae). *Applied and Environmental Microbiology*, 69(11): 6659–6668.
- [31] Oonincx, D.G.A.B., van Itterbeeck, J., Heetkamp, M. J. W., van den Brand, H., van Loon, J., 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.
- [32] Veldkamp, T., G. van Duinkerken, A. van Huis, C.M.M. Lakemond, E., Ottevanger, E., van Boekel, M.A.J.S (2012): *Insects as a sustainable feed ingredient in pig and poultry diets. A feasibility study*. Wageningen UR Livestock Research, Report 638.
- [33] Offenberg, J. (2011). *Oecophylla smaragdina* food conversion efficiency: prospects for ant farming. *Journal of Applied Entomology*, 135(8): 575–581.
- [34] Food and Agricultural Organization, FAO (2012): *State of the world fisheries*. Rome.
- [35] Pimentel, D., Berger, B., Filiberto, D., Newton, M., Wolfe, B., Karabinakis, E., Clark, S., Poon, E., Abbett, E., Nandagopal, S. (2004). Water resources: agricultural and environmental issues. *BioScience*, 54: 909–918.

- [36] Chapagain, A.K., Hoekstra, A.Y. (2003): *Virtual water flows between nations in relation to trade in livestock and livestock products*. Value of Water Research Report Series No. 13. Paris, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
- [37] INRA, CIRAD, AFZ, FAO. (2013): Animal Feed Resources Information System of FAO (Available at: www.feedipedia.com).
- [38] Ravindran, V., Blair, R. (1993). Feed resources for poultry production in Asia and the Pacific. *World's Poultry Science Journal*, 49: 219–235.
- [39] Hou, L., Shi, Y., Zhai, P., Le, G. (2007). Inhibition of foodborne pathogens by Hf-1, a novel antibacterial peptide from the larvae of the housefly (*Musca domestica*) in medium and orange juice. *Food Control*, 18(11): 1350–1357.
- [40] van Hall, M.A.L., Dierikx, C.M., Cohen, S.J., Voets, G.M., van den Munckhof, M.P., van Essen-Zandbergen, A., Platteel, T., Fluit, A. C., van de Sande-Bruinsma, N., Scharinga, J. Bonten, M.J.M., Mevius, D.J. (2011). Dutch patients, retail chicken meat and poultry share the same ESBL genes, plasmids and strains. *Clinical Microbiology and Infection*, 17(6): 873–880.
- [41] Munyuli Bin Mushambanyi, T., Balezi, N. (2002). Utilisation des blattes et des termites comme substituts potentiels de la farine de viande dans l'alimentation des poulets de chair au Sud-Kivu, République Démocratique du Congo. *Tropicicultura*, 20(1): 10–16.
- [42] Ramos Elorduy, J., Gonzalez, E.A., Hernandez, A.R., Pino, J.M. (2002). Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to recycle organic wastes and as feed for broiler chickens. *Journal of Economic Entomology*, 95(1): 214–220.
- [43] Krishnan, R., Sherin, L., Muthuswami, M., Balagopal, R., Jayanthi, C. (2011). Seri waste as feed substitute for broiler production. *Sericologia*, 51(3): 369–377.
- [44] Diamond, J. (2005): *Guns, germs and steel: a short history of everybody for the last 13 000 years*. UK, Vintage.
- [45] DeFoliart, G.R. (1999). Insects as food: Why the western attitude is important. *Annual Review of Entomology*, 44: 21–50.
- [46] Rozin, P., Fallon, A.E. (1987). A perspective on disgust. *Psychological Review*, 94(1): 23–41.
- [47] Vane-Wright, R.I. (1991). Why not eat insects? *Bulletin of Entomological Research*, 81: 1–4.
- [48] Ramos Elorduy, J. (1997). The importance of edible insects in the nutrition and economy of people of the rural areas of Mexico. *Ecology of Food and Nutrition*, 36: 347–366.
- [49] Tommaseo Ponzetta, M., Paoletti, M.G. (1997). Insects as food of the Irian Jaya populations. *Ecology of Food and Nutrition*, 36: 321–346.

- [50] Fessler, D.M.T., Navarette, C.D. (2003). Meat is good to taboo: Dietary proscriptions as a product of the interaction of psychological mechanisms and social processes. *Journal of Cognition and Culture*, 3(1): 1–40.
- [51] Rozin, P., Vollmecke, T.A. (1986). Food likes and dislikes. *Annual Review Nutrition*, 6: 433–456.
- [52] Herz, R. (2012). *That's disgusting: unraveling the mysteries of repulsion*. New York, USA, W.W. Norton & Co.
- [53] Mignon, J. (2002). L'entomophagie: une question de culture? *Tropicultura*, 20(3): 15–155.
- [54] Mela, D.J. (1999). Food choice and intake: the human factor. *Proceedings of the Nutrition Society*, 58: 513–521.
- [55] Kellert, S.R. (1993). Values and perceptions of invertebrates. *Conservation Biology*, 7(4):845–855.
- [56] Rumpold, B. A., Schlüter, O. K. (2013). Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular nutrition & food research*, 57(5), 802–823.
- [57] 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.
- [58] Xiaoming, C., Ying, F., Hong, Z., Zhiyong, C. (2010). *Review of the nutritive value of edible insects*. In P.B. Durst, D.V. Johnson, R.L. Leslie. & K. Shono, eds. *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.
- [59] Food and Agricultural Organization, FAO (2012): Composition database for Biodiversity Version 2, BioFoodComp2.
(Available at: www.fao.org/infoods/infoods/tables-and-databases/en/)
- [60] Ademolu, K.O., Idowu, A.B., Olatunde, G.O. (2010). Nutritional value assessment of variegated grasshopper, *Zonocerus variegatus* (L.) (Acridoidea: Pygomorphidae), during post-embryonic development. *African Entomology*, 18(2): 360–364.
- [61] Bukkens, S.G.F. (2005). Insects in the human diet: nutritional aspects. In M.G. Paoletti, ed. *Ecological implications of minilivestock; role of rodents, frogs, snails, and insects for sustainable development*, New Hampshire, Science Publishers. pp. 545–577.
- [62] Naughton, J.M., Odea, K., Sinclair, A.J. (1986). Animal foods in traditional Australian aboriginal diets: polyunsaturated and low in fat. *Lipids*, 21(11): 684– 690.
- [63] Womeni, H.M., Linder, M., Tiencheu, B., Mbiapo, F.T., Villeneuve, P., Fanni, J., Parmentier, M. (2009). Oils of insects and larvae consumed in Africa: potential sources of polyunsaturated fatty acids. *OCL - Oléagineux, Corps Gras, Lipides*, 16(4): 230–235.

- [64] Michaelsen, K.F., Hoppe, C., Roos, N., Kaestel, P., Stougaard, M., Lauritzen, L., Mølgaard, C. (2009). Choice of foods and ingredients for moderately malnourished children 6 months to 5 years of age. *Food and Nutrition Bulletin*, 30(3): 343–404.
- [65] FAO/WHO. (2001): *Human vitamin and mineral requirements*. Rome.
- [66] Finke, M.D. (2002). Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores. *Zoo Biology*, 21(3): 269–285.
- [67] 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.
- [68] Howard, R.W., Stanley-Samuelson, D.W. (1990). Phospholipid fatty acid composition and arachidonic acid metabolism in selected tissues of adult *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 83(5): 975–981.
- [69] Morris, B. (2004). *Insects and human life*. Oxford, UK, Berg.
- [70] Schabel, H. (2006). Forest-based insect industries. In H. Schabel, ed. *Forest entomology in East Africa: forest insects of Tanzania*, pp. 247–294.
- [71] Ramos Elorduy, J. (2006). Threatened edible insects in Hidalgo, Mexico and some measures to preserve them. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 2(51): 1–10.
- [72] Latham, P. (2003): *Edible caterpillars and their food plants in Bas-Congo*. Canterbury, Mystole Publications.
- [73] Toms, R., Thagwana, M. (2005). On the trail of missing mopane worms. *Science in Africa*. (Available at: www.scienceinfrica.co.za/2005/january/mopane.htm).
- [74] van Itterbeek, J., van Huis, A. (2012). Environmental manipulation for edible insect procurement: a historical perspective. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 8(3): 1–19.
- [75] Choo, J., Zent, E.L. & Simpson, B.B. (2009). The importance of traditional ecological knowledge for palm-weevil cultivation in the Venezuelan Amazon. *Journal of Ethnobiology*, 29(1): 113–128.
- [76] Cerda, H., Martinez, R., Briceno, N., Pizzoferrato, L., Manzi, P., Tommaso Ponzetta, M., Marin, O. & Paoletti, M.G. (2001). Palm worm (*Rhynchophorus palmarum*): traditional food in Amazonas, Venezuela. Nutritional composition, small scale production and tourist palatability. *Ecology of Food and Nutrition*, 40(1): 13–32.
- [77] Dufour, D.L. (1987). Insects as food: a case study from the northwest Amazon. *American Anthropologist*, 89(2): 383.
- [78] Bodenheimer, F.S. (1951). *Insects as human food; a chapter of the ecology of man*. The Hague, Dr. W. Junk Publishers.

- [79] Bachstetz, M., Aragon, A. (1945). Notes on Mexican drugs, plants, and foods. III. Ahuauhtli, the Mexican caviar. *Journal of the American Pharmaceutical Association*, 34: 170–172.
- [80] Bergier, E. (1941): *Peuples entomophages et insectes comestibles: étude sur les moeurs de l'homme et de l'insecte*. Avignon, Imprimerie Rulliere Freres.
- [81] Parsons, J.R. (2010). The pastoral niche in Pre-Hispanic Mesoamerica. In J.E. Staller and M.D. Carrasco. *Pre-Columbian foodways: interdisciplinary approaches to food, culture and markets in ancient Mesoamerica*, New York, Springer. pp. 109–136.
- [82] Guerin-Meneville, M.F.E. (1857). Entomologie appliquée. Mémoire sur trois espèces d'insectes hémiptères du groupe des punaises aquatiques, dont les œufs servent à faire une sorte de pain nomme haulte, au Mexique. *Bulletin Société Imperiale Zoologique d'Acclimatation*, 4: 578–581.
- [83] Ramos Elorduy, J. (1993). Food production and nutritional value of wild and semi- domesticated species: background. In C.M. Hladik, A. Hladik, O.F. Linares, H. Pagezy, A. Semple & M. Hadley, eds. *Tropical forests, people and food: biocultural interactions and applications to development*. Man and the Biosphere Series 13. Paris, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
- [84] Farina, L., Demey, F., Hardouin, J. (1991). Production de termites pour l'aviculture villageoise au Togo. *Tropicultura*, 9(4): 181–187.
- [85] Zagrobelny, M.A., Dreon, L., Gomiero, M.A.T., Marcazzan, G., Glaring, M.A., Linberg-Miller, B., Paoletti, M.G. (2009). Toxic moths: a truly safe delicacy. *Journal of Journal of Ethnobiology*, 29: 64–76.
- [86] 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(3–5): 473–480.
- [87] Banjo, A.D., Lawal, O.A. & Songonuga, E.A. (2006). The nutritional value of fourteen species of edible insects in southwestern Nigeria. *African Journal of Biotechnology*, 5(3): 298–301.
- [88] Cerritos, R. (2011). Grasshoppers in agrosystems: Pest or food? CAB Reviews: *Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, 6: 1–9.
- [89] Lockwood, J.A. (2004). *Locust: the devastating rise and disappearance of the insect that shaped the American frontier*. New York, USA, Basic Books.
- [90] Pinder, L.C.V. (1983). The larvae of Chironomidae (Diptera) of the Holarctic region – Introduction. In: Wiederholm, T. (Ed.). Chironomidae of the Holarctic region. Keys and diagnoses. Part I. Larvae. *Entomological Scandinavica Supplement*. 19: 7–10.

- [91] Oliver, D.R., Roussel, M.E. (1983): The insects and arachnids of Canada, Part 11: The genera of larval midges of Canada. Agriculture Canada Publication, Ottawa. pp. 263.
- [92] Cranston, P.S. (1995): Introduction. In: Armitage, P.D., Cranston, P.S., Pinder, L.C.V. (Eds.) *The Chironomidae: Biology and ecology of non-biting midges*. Chapman and Hall, London. pp. 1–10.
- [93] Janković, M. (1966). Ciklus razvića nekih Chironomidae iz Grošničkog jezera. *Arh. bio. nauka*, Beograd, 18 (2): 171–181.
- [94] Armitage, P.D., Cranston, P.S., Pinder, L.C.V. (1995): The Chironomidae: biology and ecology of non-biting midges. Chapman and Hall, London, (Available at: <http://dx.doi.org/10.1007/978-94-011-0715-0>).
- [95] Gruszka, P.J., Rokicka-Praxmayer, J., Cupak, J., Wolska, M., Radziejewska, T. (2013). Unintended “biological cargo” of ships entering the River Odra estuary: assemblages of organisms in ballast tanks. *Zeszyty Naukowe* 33: 22–29
- [96] Hilton, H.E. (1952): Survival of a chironomid larva after 20 months dehydration. *Transactions of the International Congress of Entomology* 7: 309–327.
- [97] Frouz, J., Matena, J., Ali, A. (2003). Survival strategies of chironomids (Diptera: Chironomidae) living in temporary habitats: a review. *European Journal of Entomology* 100:459–466, (Available at: <http://dx.doi.org/10.14411/eje.2003.069>).
- [98] Failla, A.J., Vasquez, A.A., Fujimoto, M., Ram, J.L. (2015). The ecological, economic and public health impacts of nuisance chironomids and their potential as aquatic invaders. *Aquat Invas.* 10:1–5.
- [99] Lods-Crozet, B., Castella, E. (2009). Colonisation by midges (Chironomidae, Diptera) of recently-created shallow ponds: implications for the restoration of lacustrine fringing wetlands. *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology* 45: 257–266, (Available at: <http://dx.doi.org/10.1051/limn/2009028>).
- [100] Hughes, K.A., Worland, M.R. (2010). Spatial distribution, habitat preference and colonization status of two alien terrestrial invertebrate species in Antarctica. *Antarctic Science* 22: 221–231 (Available at: <http://dx.doi.org/10.1017/S0954102009990770>).
- [101] Поповић, Н.З. (2014): *Ekološka analiza zajednica slatkovodnih makrobeskičmenjaka tri tipa tekućih voda na području Beograda*. Doktorska disertacija. Beograd.
- [102] Ali, A.R., Majori, G., Ceretti, G.I., D’Andrea, F., Scattolin, M., Ferrarese, U.A (1985). chironomid (Diptera: Chironomidae) midge population study and laboratory evaluation of larvicides against midges inhabiting the lagoon of Venice, Italy. *Journal of the American Mosquito Control Association* 1(1): 63–68.

- [103] Przhiboro, A., Paasivirta, L. (2012). Chironomidae of semiaquatic lake shore habitats in the Karelian Isthmus (northwestern Russia). *Fauna norvegica* 31:87.
- [104] Istvánovics, V., Clement, A., Somlyódy, L., Specziár, A., László, G., Padisák, J., (2007). Updating water quality targets for shallow Lake Balaton (Hungary), recovering from eutrophication. *Hydrobiologia*, 581(1), pp. 305–318.
- [105] Somlyody, L., Jolankai, G. (1986): Nutrient Loads. In Somlyody, L., van Straten, G. (eds), *Modeling and Managing Shallow Lake Eutrophication*. Springer-Verlag, Berlin, 125–156.
- [106] Virag, A., (1998). The Past and the Present of Lake Balaton. (In Hungarian). *Egri Nyomda Kft.*, Eger. ISBN 9639060 216.
- [107] Милошевић, Ђ. (2013): *Ларве фамилије Chironomidae (Diptera, Insecta) слива Јужне Мораве и њихова примена у процени еколошког статуса текућих водених екосистема*. Докторска дисертација. Универзитет у Крагујевцу, Природно-математички факултет. Крагујевац.
- [108] Borutsky, E.V. (1963). Emergence of Chironomidae (Diptera) imagines from continental water bodies of different climatic belts as a factor of food supply of fishes. *Zool. Zh.* 42: 233–247.
- [109] Sokolova, N.Y. (1983): Motyl *Chironomus plumosus* L. (Diptera, Chironomidae). Systematics, morphology, ecology, production. Nauka, Moscow, p.310
- [110] Dévai, G. (1990): Ecological background and importance of change of chironomid fauna (Diptera: Chironomidae) in shallow Lake Balaton. *Hydrobiologia*, 191: 189–198.
- [111] Specziár, A. (2008). Life history patterns of *Procladius choreus*, *Tanytus punctipennis* and *Chironomus balatonicus* in Lake Balaton. *Ann. Limnol. – Int. J. Lim.* 44(3), 181–188.
- [112] Tabaru, Y., Moriya, K., Ali, A. (1987). Nuisance midges (Diptera, Chironomidae) and their control in Japan. *Journal of the American Mosquito Control Association* 3: 45–49.
- [113] Hirabayashi, K., Okino, T. (1998). Massive flights of chironomid midge nuisance insects around a hypereutrophic lake in Japan: a questionnaire survey of tourists. *Journal of the Kansas Entomological Society* 71: 439–446.
- [114] Ali, A. (1996). A concise review of chironomid midges (Diptera: Chironomidae) as pests and their management. *Journal of Vector Ecology* 21: 105–121.
- [115] Janković, M. (1966). Prilog poznavanju Hironomidne faune Srbije II. Baražno jezero kod Grošnice. *Glasnik prirodnjačkog muzeja Beograd*, serija B, knjiga 21, 167–176.

- [116] Bogut, I., Has-Schön, E., Adámek, Z., Rajković, V., Galović, D. (2007). *Chironomus plumosus* larvae – a suitable nutrient for freshwater farmed fish. *Agriculture*, 13(1): 1–5.
- [117] Jirásek, J., Mareš, J. (2001). Nutrition and feeding of early developmental stages of cyprinids I. *Bulletin VÚH Vodňany*, 37:33–38.
- [118] Živić, I., Trbojević, D., Živić, M., Bjelanović, K., Stanković, M., Vukojević, D., Marković, Z. (2011): Chironomus Plumosus (Diptera, Insecta) larvae as a source of essential fatty acids in feed of carp fry.” In International Conference Aquaculture and Fishery, 5, Belgrade (Serbia). Faculty of Agriculture.
- [119] Bíró, P. (1997). Temporal variation in Lake Balaton and its fish populations. *Ecol. Freshwat. Fish* 6: 196–216.
- [120] Lerner, A., Meltser, N., Sapir, N., Erlick, C., Shashar, N., Broza, M., (2008). Reflected polarization guides chironomid females to oviposition sites. *Journal of Experimental Biology* 211: 3536–3543.
- [121] Hirabayashi, K., Nakamoto, N. (2001): Field study on acoustic response of chironomid midges (Diptera: Chironomidae) around a hyper-eutrophic lake in Japan. *Annals of the Entomological Society of America* 94: 123–128.
- [122] Petrić, D. (1989): *Sezonska i dnevna aktivnost komaraca (Diptera, Culicidae) u Vojvodini*. Doktorska disertacija, 138, Poljoprivredni fakultet. Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad.
- [123] Petrić, D., Zgomba, M., Bellini, R., Becker N. (2012). Surveillance of Mosquito Populations: A Key Element to Understanding the Spread of Invasive Vector Species and Vector-Borne Diseases in Europe. In D. Mihailović Ed.: *Essays on Fundamental and Applied Environmental Topics*. Nova Science Publishers. p. 192–224.
- [124] Petrić, D., Hrnjaković Cvjetković, I., Radovanov, J., Cvjetković, D., Jerant Patić, V., Milošević, V. Kovačević, G., Zgomba, M., Ignjatović Čupina, A., Konjević, A., Dušan M., Paz Sánchez-Seco, M. (2012). West Nile virus surveillance in humans and mosquitoes and detection of West Nile and cell fusing agent virus in Vojvodina Province (Serbia). *HealthMed Journal*, Sarajevo. 6(2): 462–469.
- [125] Schaffner F., Bellini R., Petrić D., Scholte E.-J. (2012): *Guidelines for the surveillance of invasive mosquitoes*, Technical report, Avia-GIS, Zoersel, Belgium, Feb. 2012, (released as Scientific publication: Guidelines for the surveillance of invasive mosquitoes in Europe). European Centre for Disease Prevention and Control, Stockholm, Sweden, 116 pp.
- [126] Becker, N., Petric, D., Zgomba, M., Boase, C., Minoo, M., Dahl, C., Kaiser, A. (2010). Mosquitoes and their control. Springer Science & Business Media, p. 577.
- [127] Gebhard, H. (1990): Stechmückenbekämpfung mit Fischen. Ph.D. thesis, University of Heidelberg, pp. 238.

- [128] Blum, S., Basedow, T., Becker, N. (1997). Culicidae (Diptera) in the diet of predatory stages of anurans (Amphibia) in humid biotopes of the Rhine Valley in Germany. *Journal of vector ecology: journal of the Society for Vector Ecology*. 22(1):23–29.
- [129] Kögel, F. (1984): Die Prädatoren der Stechmückenlarven im Ökosystem der Rheinauen. Ph. D. thesis, University of Heidelberg, p. 347.
- [130] Lac, J. (1958): Beitrag zur Nahrung der *Bombina bombina* L. Biologia (Bratislava), in Czech language, with German summary 13: 844–853.
- [131] Ludwig, H.W., Becker, N., Gebhardt, H., Kögel, F., Kreimes, K., Ludwig, M. (2003): Tiere und Pflanzen unserer Gewässer: Merkmale, Biologie, Lebensraum, Gefährdung. BLV Buchverlag; 1 edition. München. Deutschland.
- [132] Rydell, J. (1990). The northern bat of Sweden: Taking advantage of a human environment *Bat* 8(2): 8–11.
- [133] Becker, N. (1984): *Ökologie und Biologie der Culicinae in Südwest Deutschland*. Ph. D. thesis, University of Heidelberg, p. 404.
- [134] Nelson, F.R.S. (1977). Predation on mosquito larvae by beetle larvae, *Hydrophilus triangularis* and *Dytiscus marginalis*, *Mosq News* 37: 628–630.
- [135] Vujić, A., Stefanović, A., Dragičević, I., Matijević, T., Pejčić, L., Knežević, M., Krašić, D., Veselić, S. (2010). Species composition and seasonal dynamics of mosquitoes (Diptera: Culicidae) in flooded areas of Vojvodina, Serbia. *Arch. Biol. Sci* 62:1193–206.
- [136] Bradshaw, W.E. (1983). Estimating biomass of mosquito populations. *Environmental Entomology*, 12(3):779–81.
- [137] Hennessy, R. (2013): “How to Get Rid of Flies in Compost.” GardenGuides.com. (Available at: <http://www.gardenguides.com/110364-rid-flies-compost.html>).
- [138] Adams, J. (2013): 20“Chapter 10b: Vector Filth Flies.” CAMM Poultry. February 2003. 22 December 2013. In: Ratnasari DK (2013): *Overview: Eliminate Flies from Manure*.
- [139] Ratnasari, D.K. (2013): Overview: Eliminate Flies from Manure (Available at: https://www.academia.edu/6501092/Overview_Eliminate_Flies_from_Manure).
- [140] Anonymous a: Maikäfersuppe. (Available at: <http://de.wikipedia.org/wiki/Maik%C3%A4fersuppe>).
- [141] Muyay, T. (1981): *Les insectes comme aliments de l' homme: Serie II, Vol. 69*. Democratic Republic of the Congo, Ceeba Publications.
- [142] Bouvier, G. (1945). Quelques questions d'entomologie vétérinaire et lutte contre certains arthropodes en Afrique tropicale. *Acta Trop*, 2: 42–59.
- [143] Kuyten, P. (1960). Darmafsluiting veroorzaakt door het eten van kevers. *Entomologische berichten*, 20(8): 143.

- [144] Vijver, M., Jager, T., Posthuma, L., Peijnenburg, W. (2003). Metal uptake from soils and soil-sediment mixtures by larvae of *Tenebrio molitor* (L.) (Coleoptera). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 54(3): 277–289.
- [145] Lindqvist, L., Block, M. (1995). Excretion of cadmium during moulting and metamorphosis in *Tenebrio molitor* (Coleoptera; Tenebrionidae). *Comparative Biochemistry and Physiology*, 111(2): 325–328.
- [146] Senti, G., Lundberg, M., Wüthrich, B. (2000). Asthma caused by a pet bat. *Allergy*, 55(4): 406–407.
- [147] Siracusa, A., Marcucci, F., Spinozzi, F., Marabini, A., Pettinari, L., Pace, M.L., Tacconi, C. (2003). Prevalence of occupational allergy due to live fish bait. *Clinical and Experimental Allergy*, 33(4): 507–510.
- [148] Wang, D., Bai, Y.T., Li, J.H., Zhang, C.X. (2004). Nutritional value of the field cricket (*Gryllus testaceus* Walker). *Journal of Entomologia Sinica*, 11: 275–283.
- [149] Feng, Y., Chen, X. (2009). Reviews on the research and utilization of insect health care foods. *Journal of Shandong Agricultural University (Natural science)*, 40(4): 676–680.
- [150] Schneider, J.C. ed. (2009): *Principles and procedures for rearing high quality insects*. USA, Mississippi State University.
- [151] Kok, R. (1983). The production of insects for human food. *Can. Inst. Food Sci. Technol. J.*, 16(1): 5–18.
- [152] Gon, S.M., Price, E.O. (1984). Invertebrate domestication: behavioural considerations. *BioScience*, 34(9): 575–579.
- [153] Rozkošný, R. (1983) *A Biosystematic study of the European Stratiomyidae (Diptera)*. Vol. 2. W. Junk, The Hague- Boston-London, 431 pp.
- [154] Lindner, E. (1936). Die amerikanische *Hermetia illucens* L. im Mittelmeergebiet (Stratiomyidae, Dipt.). *Zool. Anzeiger* 113: 335–336.
- [155] Carles-Tolra, M. (2002): Catalogo de los dipteros en Espana, Portugal y Andorra. Monografias de la Sociedad Entomol'gica Aragonesa, 8, 1–323.
- [156] Navarro, A., Peris, S.V. (1991). *Hermetia illucens* (Linnaeus, 1758), aclimatada en España, con un resumen de su interés económico (Diptera, Stratiomyidae). *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Sec. Biol.)* 87: 239–247.
- [157] Martínez-Sánchez, A., Magaña, C., Saloña, M., Rojo, S. (2011). First record of *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) on human corpses in Iberian Peninsula. *Forensic Sci. Int.* 206: 76–78.
- [158] Dauphin, P., (2003): Présence de *Hermetia illucens* (Linné, 1758) dans le sudouest de la France (Diptera Stratiomyiidae), *Bulletin de la Société Linnéenne de Bordeaux*, 31: 229–230.
- [159] Mason, F., Krivosheina, N.P. (1995): Diptera Xylophagomorpha, Stratiomyomorpha. In: Minelli, A., Ruffo, S. & La Posta, S. (Eds), *Checklist delle specie della fauna italiana*, 66. Calderini, Bologna, pp. 1–5.

- [160] Rozkošný, R. (2004): Fauna Europaea: Stratiomyidae. In: Pape, T. (Ed.), *Fauna Europaea: Diptera Brachycera*. Fauna Europaea version 1.1, (Available at: <http://www.faunaeur.org>).
- [161] Mason, F., Rozkošný, R., Hauser, M. (2009). A review of the soldier flies (Diptera: Stratiomyidae) of Sardinia. *Zootaxa*, 2318: 507–530.
- [162] Rozkosny, R., Knutson, L. (2007): Fauna Europaea: Stratiomyidae. In: T. Pape, Editor, *Fauna Europaea: Diptera Brachycera*, Fauna Europaea Version 1.3, (Available at: <http://www.faunaeur.org>).
- [163] Üstüner, T., Hasbenlí, A., Rozkošný, R. (2003). The first record of *Hermetia illucens* (Linnaeus, 1758) (Diptera, Stratiomyidae) from the Near East. *Studia dipterologica*, 10(1): 181–185.
- [164] Rozkosny, R., Knutson, L. (2013): Fauna Europaea: Stratiomyidae. In: T. Pape (Ed.), *Fauna Europaea: Diptera Brachycera*, *Fauna Europaea* Version 2.6.2, (<http://www.faunaeur.org>).
- [165] De Groot, M., Veenvliet, P. (2011). *Hermetia illucens* L. (Diptera, Stratiomyidae), a new alien invasive species in Slovenia. *Acta entomologica Slovenica*, 19 (2): 195–198.
- [166] Tzagkarakis, A., Arapostathi, E., Strouvalis, G. (2015). First record of the black soldier fly, *Hermetia illucens*, in Greece. *Entomologia Hellenica* 24: 27–30.
- [167] Rozkošný, R. (2012): Fauna Europaea: Stratiomyidae. In Pape T. & Beuk P. [eds]: *Fauna Europaea: Diptera*. Fauna Europaea version 2.5 (Available at: <http://www.faunaeur.org>).
- [168] Ssymank, A., Doczkal, D. (2010): *Hermetia illucens* (Linnaeus, 1758) (Stratiomyidae), a soldierfly new for the German fauna. *Studia dipterol.* 16 (2009): 84–86.
- [169] Roháček, J., Hora, M. (2013). A northernmost European record of the alien black soldier fly *Hermetia illucens* (Linnaeus, 1758) (Diptera: Stratiomyidae)/Nejsevernější evropský výskyt nepůvodní bráněnký *Hermetia illucens* (Linnaeus, 1758)(Diptera: Stratiomyidae). *Casopis slezského zemskeho muzea (A)*, 62(2): 101–106.
- [170] Venturi, F. (1956). Notulae dipterologicae X Specie nuove per l'Italia, *Boll. Soc. Entomol. Italy* 3–4: 56.
- [171] Turchetto, M. (2000): Implicazioni entomologico-forensi dell'introduzione in Italia della mosca neotropica *Hermetia illucens* L. (Diptera: Stratiomyidae), *Rivista italiana di Medicina legale*, 22: 1279–1290.
- [172] Turchetto, M., Lafisca, S., Costantini, G. (2001). Postmortem interval (PMI) determined by study sarcophagous biocenosis: three cases from the Province of Venice (Italy), *Forensic Sci. Int.* 120: 28–31.
- [173] Turchetto, M., Vanin, S. (2004). Forensic evaluations on a crime case with monospecific necrophagous fly population infected by two parasitoid species, *Aggrawal's Internet J. Forensic Med. Toxicol.* 5: 12–18.

- [174] Bradley, S.W., Sheppard, D.C. (1984). Housefly oviposition inhibition by larvae of *Hermetia illucens*, the black soldier fly. *J. Chem. Ecol.* 10: 853–859.
- [175] Graczyk, T.K., Knight, R., Gilman R.H., Cranfield, M.R. (2001). The role of nonbiting flies in the epidemiology of human infectious diseases. *Microb. Infect.* 3: 231–235.
- [176] Sheppard, D.C., Newton, G.L., Thompson, S.A., Savage, S. (1994). A value added manure management system using the black soldier fly. *Bioresource Technology*, 50(3): 275–279.
- [177] Newton, L., Sheppard, C., Watson, D.W., Burtle, G. (2005). *Using the black soldier fly, Hermetia illucens, as a value-added tool for the management of swine manure*. North Carolina, North Carolina State University. (Available at: www.cals.ncsu.edu/waste_mgt/smithfield_projects/phase2report05/cd,web%20files/A2.pdf).
- [178] Sheppard, D.C. (1983). Housefly and lesser fly control utilizing the black soldier fly in manure management-systems for caged laying hens. *Environ. Entomol.* 12: 1439–1442.
- [179] Myers, H.M., Tomberlin, J.K., Lambert, B.D., Kattes, D. (2008). Development of black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) larvae fed dairy manure. *Environ. Entomol.* 37: 11–15.
- [180] Diener, S., Zurbrügg, C., Gutiérrez, F.R., Nguyen, D.H., Morel A., Koottatep, T. (2011). Black soldier fly larvae for organic waste treatment – prospects and constraints. In: M. Alamgir, Q.H. Bari, I.M. Rafizul, S.M.T. Islam, G. Sarkar, and M.K. Howlader (Eds.), *Proceedings of the WasteSafe – 2nd International Conference on Solid Waste Management in the Developing Countries*. Khulna, Bangladesh, pp. 1–8.
- [181] Diclaro II, J.W., Kaufman, P.E. (2015). Black soldier fly *Hermetia illucens* Linnaeus (Insecta: Diptera: Stratiomyidae). UF/IFAS Extension EENY 461, Gainesville, FL. (Available at: <https://edis.ifas.ufl.edu/in830>).
- [182] van Huis, A. (2013). Potential of insects as food and feed in assuring food security. *Annual Review of Entomology*, 58(1): 563–583.
- [183] Leclercq, M. (1997). À propos de *Hermetia illucens* (Linnaeus, 1758) (“soldier fly”) (Diptera Stratiomyidae: Hermetiinae). *Bulletin et Annales de la Societe Royale Belge d’Entomologie*, 133: 275–282.
- [184] Schremmer, F., (1986). Die polymetabole Larval-Entwicklung der Waffenfliiegenart *Hermetia illucens*. Ein Beitrag zur Metamorphose der Stratiomyidae. *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien, Serie B*, 88/89: 405–429.
- [185] Goddard, J. (2003): *Physician’s Guide to Arthropods of Medical Importance*, 4th ed., CRC Press LLC. Boca Raton, Florida.
- [186] Sheppard, D.C., Newton, G.L., Burtle, G. (2008). Black soldier fly prepupae: a compelling alternative to fish meal and fish oil. A public comment prepared in response to a request by the National Marine Fisheries Ser-

- vice to gather information for the NOAA-USDA Alternative Feeds Initiative. Public comment on alternative feeds for aquaculture received by NOAA 15 November 2007 through 29 February 2008.
- [187] Erickson, M.C., Islam, M., Sheppard, C., Liao, J., Doyle, M.P. (2004). Reduction of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella enterica* serovar *Enteritidis* in chicken manure by larvae of the black soldier fly. *J. Food Prot.*, 67(4): 685–690.
- [188] Liu, Q., Tomberlin, J.K., Brady, J.A., Sanford, M.R. & Yu, Z. (2008). Black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) larvae reduce *Escherichia coli* in dairy manure. *Environ. Entomol.*, 37(6): 1525–1530.
- [189] Newton, G.L., Booram, C.V., Barker, R.W., Hale, O.M. (1977). Dried *Hermetia illucens* larvae meal as supplement for swine. *J. Anim Sci.*, 44: 395–400.
- [190] Hale, O.M. (1973). Dried *Hermetia illucens* larvae (Stratiomyidae) as a feed additive for poultry. *Journal of the Georgia Entomological Society*, 8: 16–20.
- [191] St-Hilaire, S., Cranfill, K., Mcguire, M.A., Mosley, E.E., Tomberlin, J.K., Newton, L., Sealey, W., Sheppard, C., Irving, S. (2007). Fish offal recycling by the Black Soldier Fly produces a foodstuff high in omega-3 fatty acids. *Journal of the World Aquaculture Society*, 38(2): 309–313.
- [192] Bondari, K., Sheppard, D. C. (1981). Soldier fly larvae as feed in commercial fish production. *Aquaculture*, 24: 103–109.
- [193] Tiu, L. G. (2012). Enhancing sustainability of freshwater prawn production in Ohio. Ohio State University South Centers Newsletter, *Fall* 11(4): 4.
- [194] Li, Q., Zheng, L., Cai, H., Garza, E., Yu, Z., Zhou, S. (2011). From organic waste to biodiesel: black soldier fly, *Hermetia illucens*, makes it feasible. *Fuel*, 90: 1545–1548.
- [195] Barry, T. (2004). *Evaluation of the economic, social, and biological feasibility of bioconverting food wastes with the black soldier fly (Hermetia illucens)*. PhD Dissertation, University of Texas, 176 pp.
- [196] Tomberlin, J.K., Sheppard, D.C. (2002). Factors influencing mating and oviposition of black soldier flies (Diptera: Stratiomyidae) in a colony. *Journal Entomological Science*, 37: 345–352.
- [197] Zhang, J., Huang, L., He, J., Tomberlin, J.K., Li, J., Lei, C., Sun, M., Liu, Z., Yu, Z. (2010). An artificial light source influences mating and oviposition of black soldier flies, *Hermetia illucens*. *Journal of Insect Science*, 10(1): 202.
- [198] Charlton, A. (2016): Insect Protein-International Quality and Safety findings. PROteINSECT Final Conference Book of Proceedings. (Available at: <http://www.proteinsect.eu>).
- [199] West, L.S. (1951): The house fly: its natural history, medical importance, and control. Ithaca, NY: Comstock Publ. Co. p. 584.

- [200] Axtell, R.C. (1986): Fly control in confined livestock and poultry production. Greensboro, NC: CIBA-GEIGY Corporation Tech. Monograph. 59 p.
- [201] Stafford III, K.C. (2013): Fly Management Handbook A Guide to Biology, Dispersal, and Management of the House Fly and Related Flies for Farmers, Municipalities, and Public Health Officials (Available at: <http://www.ct.gov/caes/lib/caes/documents/publications/bulletins/b1013.pdf>).
- [202] Hodge, C. F. (1911). How can you make your home, town or city flyless. *Nature and Culture* 3: 9–23.
- [203] Wakefield, M. (2016): European Insect Production Systems in PROteINSECT. PROteINSECT Final Conference Book of Proceedings (Available at: <http://www.proteinsect.eu>)
- [204] Han, R. (2016): Improved rearing system of housefly (*Musca domestica*) for the production of shrimps and Huxu breeders. Guangdong Entomological Institute China. PROteINSECT Final Conference Book of Proceedings. (Available at: <http://www.proteinsect.eu>)
- [205] Téguia, A., Mpoame, M., Okourou, M.J.A. (2002). The production performance of broiler birds as affected by the replacement of fish meal by maggot meal in the starter and finisher diets. *Tropicultura*, 20(4): 187–192.
- [206] Hwangbo, J., Hong, E.C., Jang, A., Kang, H.K., Oh, J.S., Kim, B.W., Park, B.S. (2009). Utilization of house fly-maggots, a feed supplement in the production of broiler chickens. *J. Environ Biol.*, 30(4): 609–614.
- [207] Awoniyi, T.A.M., Adetuyi, F.C., Akinyosoye, F.A. (2004). Microbiological investigation of maggot meal, stored for use as livestock feed component. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 2(3-4): 104–106.
- [208] Behmer, S.T. (2006). Insect dietary needs: plants as food for insects. *Encyclopedia of Plant and Crop Science*. UK, Taylor & Francis.
- [209] Urs, K.C.D., Hopkins, T.L. (1973). Effect of moisture on growth rate and development of two strains of *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera, Tenebrionidae). *Journal of Stored Products Research*, 8: 291–297.
- [210] Taylor, R.L., Carter, B.J. (1992). Entertaining with Insects: The Original Guide to Insect Cookery. By Salutek Publ. Co. Yorba Linda. 160 p.
- [211] van Huis, A., van Gurp, H., Dicke, M. (2012): *Het insectenkookboek*. Amsterdam, the Netherlands, Atlas.
- [212] Hao Cheng Mealworm Inc. (2012): About HaoCheng Mealworm Inc. (Available at: www.hcmealworm.com).
- [213] Anand, H., Ganguly, A., Haldar, P. (2008). Potential value of acridids as high protein supplement for poultry feed. *International Journal of Poultry Science*, 7(7): 722–725.
- [214] Townsend, L., Bessi, R. (2016): Rearing Crickets. UK Cooperative Extension Service. University of Kentucky Rearing crickets, College of Agriculture. (Available at: http://www.aces.edu/dept/fisheries/rec_fishing/documents/crickets.pdf)

- [215] Hanboonsong, Y., Jamjanya, J., Durst, P.B. (2013). Six-legged livestock: edible insect farming, collection and marketing in Thailand. Food And Agriculture Organization of The United Nations regional office for Asia And The Pacific Bangkok (<http://www.fao.org/docrep/017/i3246e/i3246e.pdf>).
- [216] Anonymous b (2016): The worm has turned: how British insect farms could spawn a food revolution (Available at: <https://www.theguardian.com/environment/2016/apr/08/the-worm-has-turned-how-british-insect-farms-could-spawn-a-food-revolution>; <http://www.cricketflours.com>).
- [217] DeFoliart, G.R. (1989). The human use of insects as food and as animal feed. *Bulletin of the Entomological Society of America*, 35: 22–35.
- [218] Agriprotein (2012): Agriprotein. (Available at: www.agriprotein.com).
- [219] FAO/WUR (2012): *Expert consultation meeting: assessing the potential of insects as food and feed in assuring food security*. P. Vantomme, E. Mertens, A. van Huis & H. Klunder, eds. Summary report, 23–25 January 2012, Rome. Rome, FAO.
- [220] Wood, J.R., Looy, H. (2000). My ant is coming to dinner: culture, disgust, and dietary challenges. *Proteus*, 17(1): 52–56.
- [221] Looy, H., Wood, J.R. (2006). Attitudes toward invertebrates: are educational “bug banquets” effective? *The Journal of Environmental Education*, 37(2): 37–48.
- [222] Food and Agricultural Organization, FAO (2010): *Biodiversity and sustainable diets: united against hunger*. Report presented at World Food Day/World Feed Week, Rome.
- [223] Amar, Z. (2003). The Eating of locusts in Jewish tradition after the Talmudic period. *The Torah u-Madda Journal*, 11: 186–202.
- [224] Meuwissen, P. (2011). *Insectenalsnieuweeiwitbron: Een scenarioverkenning van de marktkansen*. ‘s-Hertogenbosch: ZLTO projecten.
- [225] Comby, B. (1990): *Délicieux insectes. Les protéines du futur*, 1sted, Editions Jouvence: Geneve, Switzerland. p. 105–119.
- [226] Tomberlin, J. K. (2001). Biological, behavioral, and toxicological studies on the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae), (Available at: http://purl.galileo.usg.edu/uga_etd/tomberlin_jeffrey_k_200108_phd).
- [227] Yen, A. L. (2009). Edible insects: traditional knowledge of western phobia? *Entomol. Res.* 39: (289–298).
- [228] Yen, A. L. (2009). Entomophagy and insect conservation: some thoughts for digestion. *Insect Conserv.* 13: 667–670.
- [229] Food and Agricultural Organization, FAO (2011): *International Scientific Symposium Biodiversity and Sustainable Diets, United Against Hunger*. Rome, 3–5 November 2010.

EDIBLE INSECTS – SAFE FOOD FOR HUMANS AND LIVESTOCK

Mihaela KAVRAN, Aleksandra IGNJATOVIĆ ČUPINA, Marija ZGOMBA, Dušan PETRIĆ

S u m m a r y

This paper describes the contribution of insects to food security and survey future prospects for raising insects at a commercial scale to improve food and feed production, diversify diets, and support livelihoods in both developing and developed countries. It indicates some traditional and potential uses of insects for direct human consumption and the opportunities for and constraints to farming them for food and feed.

The concept of sustainable diets, with biodiversity and at its core, has recently received renewed attention as the world struggles with many natural and man-made disasters. Sustainable diets are those diets with low environmental impacts which contribute to food and nutrition security and to healthy life for present and future generations. Sustainable diets are protective and respectful of biodiversity and ecosystems, culturally acceptable, accessible, economically fair and affordable; nutritionally adequate, safe and healthy; while optimizing natural and human resources [222]. Edible insects have always been a part of human diets. Although the majority of consumed insects are gathered in forest habitats, mass-rearing systems are being developed in many countries. Insects offer a significant opportunity to merge traditional knowledge and modern science to improve human food security worldwide. However, the urbanization has led to new human behaviour that is far from natural resources and distant to the wild environment. Additionally, in some societies there is a degree of distaste for insects consumption that further developed a standstill of the grasshoppers in the Nile valley (Amar, 2003). Although the majority of edible insects are gathered from forest habitats, innovation in mass-rearing systems has begun in many countries. Insects offer a significant opportunity to merge traditional knowledge and modern science in both developed and developing countries. Edible insects as food fit comfortably within this environmentally sound scenario and, by extension, ought to be considered prime candidates as both food staples and supplements, as well as more generally for their role in sustainable diets.

Sustainability of food and agriculture activities upon which 2.4 billion people depend for livelihoods was considered a key driver in the transition towards a green economy, due to its dual positive impact on ecosystem services and poverty alleviation [222, 229].

Recent studies confirm that the insects are potentially an important energy efficient source of protein for humans, either through a direct consumption or as food supplements for stock. The high protein content is an indication that the insects can be of value in man and animal ration and can eventually replace higher animal protein usually absent in the diet of rural dwellers in developing countries [87]. The protein content varies by species of insects, but generally is of a good quality and high digestibility [48]. Analyses showed that in egg, larva, pupa and adult stages, the raw protein content is generally 15–81% / dry basis.

With a daily growing world population, there are now more than 3.7 billion people suffering from malnutrition, mainly due to lack of protein and energy from food. Associated with the declining availability of land, water and energy resources *per capita* [35], we need to conserve and manage these resources to produce more food. Animal husbandry competes for these vital resources, as the land is occupied by the production of feed and cannot be used to produce food for humans [18]. Livestock production is very expensive because it requires a large input of water, grain and fodder as well as human effort and energy from fossil resources [35]. Utilization of insects as a protein source could benefit insect conservation through habitat protection [18]. Insects are essential agents feeding on organic matter in nature, and they efficiently exploit all organic sources. It is also important that insects are able to recycle organic waste and provide nutrients for farm animals [1, 179, 191]. Hence, insects could be used as efficient biotransformers to convert abundant, low cost organic wastes into animal biomass rich in proteins and suitable for use in animal nutrition. In a world as it is today, insects can contribute to human nutrition. Raising insects using waste biomass is already being implemented and managed today, with minimal infrastructure. Furthermore, insect culture requires little areas. Many of the edible insect species do not compete with human beings for food resources. The energetic cost of collecting edible insects is lower than that for vertebrates. Hence, insects may efficiently provide the necessary energy for the vital functions of our organism. Some species of edible insects have mostly the polyunsaturated fat type, as they feed on vegetables with largely unsaturated fats [1].

Mostly, the fat content of edible insects is between 10–50%. The fat content of insects depends on many factors such as species, reproductive stages, season, age (life stage), or sex, habitat and diet. For example, the fat content is higher in the larva and pupa stages; at the adult stage, the fat content is relatively lower. Female insects contain more fat than male insects. As a general statement it could be said that insects are not inferior to other sources of protein such as fish, chicken or beef.

Insects can partly replace the increasingly expensive protein ingredients of compound feeds in the livestock, poultry and aquaculture industries. Grains now used as livestock feed, which often comprise half the cost of meat production, could then be used for human consumption [182].

In 2011, combined world feed production was estimated at 870 million tonnes, with revenue from global commercial feed manufacturing generating approximately US\$350 billion globally. FAO estimates that production will have to increase by 70 percent to be able to feed the world in 2050, with meat outputs (poultry, pork and beef) expected to double [19].

A major constraint to further development are the prohibitive costs of feed, including meat meal, fishmeal and soybean meal, which represent 60–70 percent of production costs. Another problem is manure disposal, which is becoming a serious environmental problem; large amounts of manure to be stockpiled in open-air, swarming with flies and potential human health hazards.

It is striking to realize that the agricultural sector is the leading cause of human-induced climate change. Roughly one-third of all greenhouse gas emissions are due to agriculture, if we include the carbon dioxide emissions from deforestation (mainly to clear land for farming and pasture), energy use in agriculture (including the production of chemical fertilizers), methane released by ruminant livestock and rice paddies, and nitrous oxide released by the heavy use of nitrogen fertilizers. We will need new technologies, and new patterns of food consumption, based on healthier and more sustainable diets [20].

There is a wealth of traditional and cultural knowledge on the uses of edible insects as food in tropical countries, yet production is largely concentrated in household and small-scale operations. In temperate countries, processing technology is virtually nonexistent because edible insects are not recognized food and feed sources. If insects are to become a useful and profitable raw material in the food and feed industries, large quantities of quality insects will need to be produced on a continuous basis. This requires both introducing new farming and processing methods, which remains a challenge for the development of the sector. However, major requirements are rearing practices in tropical countries should employ local species because they pose virtually no risk to the environment, there is no need for climate control, and such local species are likely to be more culturally accepted. Selection criteria should involve ease of rearing, taste, colour and whether they can be used as feed. In temperate zones, cosmopolitan species like the house cricket (*Acheta domesticus*) should be used, or those that do not pose environmental risks. Species destined for mass production, moreover should possess certain characteristics, including a high intrinsic rate of increase; a short development cycle; high survival of immatures and high oviposition rate; a high potential of biomass increase per day (i.e. weight gain per day); a high conversion rate (kg biomass gain per kg feedstock); the ability to live in high densities (kg biomass per m²); and low vulnerability to disease (high resistance). Good candidates were considered to be the black soldier fly (*Hermetia illuscens*) for feed and the yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) for both food and feed [1]. Additionally, insect animal feed developed from manure and related organic waste streams raises bacteriological, mycological and toxicological concerns.

The polarity of views surrounding the practice of entomophagy requires tailor-made communication approaches. In parts of the world where entomophagy is well established, such as the tropics, communication strategies need to promote and preserve edible insects as valuable sources of nutrition in order to counter the growing westernization of diets. In areas where food security is fragile, edible insects need to be promoted as key foods and feeds for nutritional, cultural and economic reasons. However, Western societies still largely averse to the practice of eating insects will require tailored strategies that address the disgust factor and break down common myths surrounding the practice. In general, education is the key instrument for creating public awareness of the potential roles of insects and in influencing consumer choices towards a more balanced and favourable outlook on insects as food and feed.

Research on the contribution of edible insects to nutrition and economy, on insect species' biology and ecology has to be implemented in projects on sustainable agriculture/food. Additionally, addressing the entomophagy disgust factor in Western societies might depend largely on the ability to involve the entire educational community. The past decade, however, has seen a slow but steady rise in food insects in formal education. As of the end of 2011, 46 percent of the universities in the United States – the main food and agricultural universities in the country – had at least one course in their curricula that featured food insects. In the Netherlands, the Laboratory of Entomology at Wageningen University offers “insects and society” courses including entomophagy. The Laboratory has an outstanding reputation in multitrophic interactions, biological control, malaria vector research and entomophagy, and draws worldwide attention to the issue of entomophagy. The objective is to explore the potential sustainable production of edible insects and insect-derived products, particularly proteins, as a reliable and high-quality food source with a lower negative environmental impact than conventional meat production. Governmental bodies have important roles to play in promoting insects as food and feed. In particular, the development of this new sector as a viable (and environmentally friendly) alternative to the conventional food and feed. Experts from international agencies, scientific institutions and private-sector stakeholders, together with staff from relevant FAO sectors created webportal on edible insects since 2010. It provides basic information on the use and potential of edible insects as well as relevant weblinks, such as to the proceedings of the conferences, information on the Expert Consultation Meetings and other relevant technical information, videos and media coverage. The address of the webportal is www.fao.org/forestry/edibleinsects.

In developed countries, insect rearing occurs mainly on family-operated farms. Presently, there are only a few large-scale industrial plans that rear insects. The most common insects that were collected or reared within Europe are: *Acheta domesticus*, *Bombyx mori*, *Galleria mellonella*, *Gryllus assimillis*, *Hermetia illucens*, *Locusta migratoria*, *Musca domestica*, *Schistocerca gregaria*, *T. molitor* and *Zophobas atratus* [225].

The *H. illucens* represent the species of good rearing potential because it substantially reduce biowaste and house fly breeding and additionally can be used as animal food [226]. Except this invasive species, few native species as grass hoppers, crickets, and mealworms, are significant source of proteins. A number of species in Serbia are highly abundant and pose a molesting problem. This is a case with flood water mosquitoes, insects of Chironomidae family and house flies. Research on their mass production as potential food source for house pets, animals or as a part of organic fertilizers could support a small scale of organic farming production in rural regions. Additionally, it should not be forgotten that some of the species have important impact in waste decomposition, hence create additional value to the family-operated farms. Insect rearing is easy, does not require much of technical knowledge nor high investments, therefore accessible to a majority of rural inhabitants of a low income.

The production and consumption of insects should also be analysed from the viewpoint of their potential impact on health and biodiversity and the potential environmental hazards associated with insect production and release, including the accidental release of insect species not indigenous to the area of production.

People, especially in areas where insects were not consumed for a long time, prefer incorporating insects into the food in a way they are not visible, so they accept only the idea that the insects have a nutritional value. This shows that people especially in North America and Europe can eat insects if they do not know what they are eating. These factors suggest that insect transformation will facilitate its consumption in the future. In practice, dried insects may be crushed or pulverized, and raw or boiled insects ground or mashed, making their insect form unrecognizable [9].

Much work still needs to be done and many issues taken into account when elaborating normative frameworks and adjusting for insect-inclusive food laws. At the Expert FAO Meeting in 2012, therefore, a working group developed the following proposals for elaborating regulatory frameworks [59].

Private and public standards may establish the basis of harmonized regulatory practices on the use of insects as food and feed. Legal frameworks should be developed to consolidate and set binding provisions and to ensure the implementation and enforcement of such provisions throughout the sector. It is necessary to promote the establishment of appropriate international and national standards and legal frameworks to facilitate the use of insects as food and feed and the development and formalization of the sector. It is also very important to take into consideration the potential effects of insect production and rearing on the environment, and the environmental and trade implications of the international movement of insects. Develop a clear and comprehensive legal framework at the (inter-) national level that can pave the way for production and trade in insect products for food and feed internationally.

In the Western world, consumer acceptability will be determined, in large part, by pricing, perceived environmental benefits, and the development

by the catering industry of tasty insect-derived protein products. Preservation and processing techniques are needed to increase shelf life, conserve quality and increase the acceptability of insect food products; processing procedures are also needed to transform insects into protein meal for animal/fish feedstock and for the extraction of insect proteins to be used as ingredients in the food industry.

Considering the immense quantities of insect biomass needed to replace current protein-rich ingredients such as meal and oil from fish and soybeans, automated massrearing facilities that produce stable, reliable and safe products need to be developed. The challenge for this new industry will be to ensure the cost-effective, reliable production of an insect biomass of high and consistent quality. Regulatory frameworks need to be developed. The close collaboration of government, industry and academia will be essential for success.