



**УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ**

**Департман за Фитомедицину и заштиту
животне средине**



Теодора Ковановић
дипл. инж. пољопривреде

**Развој великог брашнара (*Tenebrio molitor* L.) на смешама са
различитим нивоима протеина и угљених хидрата**

МАСТЕР РАД

Нови Сад, 2025.



**УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ**

**Департман за Фитомедицину и заштиту
животне средине**



Кандидат
Теодора Ковановић

Ментор
доц. др. Милош Петровић

**Развој великог брашнара (*Tenebrio molitor* L.) на смешама са
различитим нивоима протеина и угљених хидрата**

МАСТЕР РАД

Нови Сад, 2025.

КОМИСИЈА ЗА ОЦЕНУ И ОДБРАНУ МАСТЕР РАДА

др Милош Петровић, ментор
доцент
ужа н.о. Ентомологија
Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет

др Александра Поповић,
редовни професор
ужа н.о. Ентомологија
Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет

др Мирослава Половински Хорватовић
виши научни сарадник
ужа н.о. Исхрана животиња
Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет

Захвалница

Пре свега, посебно бих желела да се захвалим свом ментору, доц. др Милошу Петровићу, на стручној и посвећеној подрици током читавог процеса израде рада. Његово знање, савети и конструктивне смернице били су од непроцењиве важности за мој академски развој и успешно завршетак овог истраживања.

Искрену захвалност дугујем и члановима комисије, др Александри Поповић и др Мирослави Половински Хорватовић, на издвојеном времену и конструктивним саветима приликом израде рада.

Захваљујем својој породици — на безусловној љубави, стрпљењу и подрици у сваком кораку мог образовања. Ваше разумевање, охрабрење и присуство, чак и онда када није било речи, били су ми ослонац у свим изазовима. Без вас, овај пут не би био исти.

Искрену захвалност дугујем колегама из лабораторије, Николи Лаћарцу и Војину Пузићу, на несебичној помоћи, подрици и пријатељској сарадњи током постављања и спровођења огледа.

Захваљујем пријатељима који су веровали у мене, бодрили ме, слушали моје недоумице и делили са мном и добре и тешке тренутке.

САДРЖАЈ

1. УВОД.....	1
2. ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ.....	4
2.1 МОРФОЛОШКЕ ОДЛИКЕ ВЕЛИКОГ БРАШНАРА – <i>Tenebrio molitor</i> L. ...	4
2.2 ЗНАЧАЈ ОДНОСА ПРОТЕИНА И УГЉЕНИХ ХИДРАТА ЗА УЗГОЈ ИНСЕКТА.....	6
2.3 <i>Tenebrio molitor</i> L. КАО АЛТЕРНАТИВНИ ИЗВОР ПРОТЕИНА.....	8
3. ЗАДАТАК И ЦИЉ РАДА	11
4. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА.....	12
4.1 ПРИПРЕМА СМЕША.....	12
4.2 ПОСТАВЉАЊЕ ОГЛЕДА.....	12
4.3 ОЧИТАВАЊЕ РЕЗУЛТАТА ОГЛЕДА	14
4.4 СТАТИСТИЧКА ОБРАДА ПОДАТАКА.....	15
5. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА	16
5.1 Хемијска анализа смеша	16
5.2 Резултати читавања огледа	18
6. ДИСКУСИЈА	28
7. ЗАКЉУЧАК.....	30
8. ЛИТЕРАТУРА.....	31

Развој великог брашнара (*Tenebrio molitor* L.) на смешама са различитим нивоима протеина и угљених хидрата

Теодора Ковановић

САЖЕТАК

Са растом светске популације очекује се и повећање потреба за протеинима анималног порекла, те с тим у вези потребно је пронаћи алтернативне изворе протеина како за исхрану људи, тако и за исхрану животиња. Последњих година инсекти су привукли велику пажњу зато што се сматрају алтернативним и одрживим извором хранљивих материја. Врста *Tenebrio molitor* због своје распрострањености у свету и начина исхране представља идеалног кандидата за узгој у индустријским размерама. Циљ овог рада јесте био праћење развоја врсте *Tenebrio molitor* на смешама различитог односа протеина и угљених хидрата како би се утврдило која смеша је најповољније за узгој ове инсекатске врсте. Резултати показују да су се инсекти најбрже развијали на смеши са високим нивоом протеина и енергије, а највећа маса је забележена код смеше са високим нивоом протеина и средњим нивоом енергије.

Кључне речи: протеини, енергија, узгој, *Tenebrio molitor*

Development of the yellow mealworm (*Tenebrio molitor* L.) on diets with different levels of protein and carbohydrates

Теодора Ковановић

SUMMARY

With the growth of the global population, an increase in the demand for animal-based proteins is expected. Therefore, it is necessary to find alternative sources of protein for both human and animal nutrition. In recent years, insects have attracted considerable attention as they are considered an alternative and sustainable source of nutrients. The species *Tenebrio molitor*, due to its widespread distribution and feeding habits, represents an ideal candidate for industrial-scale breeding. The aim of this study was to monitor the development of the *Tenebrio molitor* species on diets with varying ratios of proteins and carbohydrates, in order to determine which feed is most favorable for breeding this insect species. The results show that the insects developed the fastest on a mixture with a high level of protein and energy, and the highest mass was recorded in the mixture with a high level of protein and a medium level of energy.

Key words: proteins, energy, farming, *Tenebrio molitor*

1. УВОД

Инсекти представљају значајан проблем приликом складиштења пољопривредних производа који се користе за исхрану људи и животиња. Највеће штете у складиштима причињавају инсекти који се хране на стрним житима, брашну и другим прерађевинама. Према степену оштећења пољопривредних производа и начину исхране, складишне штеточине су подељене у неколико група: примарне штеточине, секундарне штеточине, микофагне врсте, стрвинаре и случајне инсекте у складиштима (Група аутора, 1972; Штрбац, 2002).

Врста *Tenebrio molitor* – велики брашнар припада групи секундарних штеточина, које се хране на претходно оштећеним зрнима или различитим прерађевинама пољопривредних производа. Значај ове врсте, поред тога што се сматра штеточином у складишту, огледа се у томе што припада групи јестивих инсеката и због своје распрострањености у свету сматра се идеалним кандидатом за узгој и производњу у индустријским размерама (Штрбац, 2002; Kröncke et al., 2019).

Према подацима Међународне федерације индустрије хране (IFIF) сматра се да ће светска популација достићи бројност од преко 10 милијарди људи до 2050. године, те с тим у вези потребе за протеинима анималног порекла ће се повећати у наредним годинама. Очекује се да ће до 2050. године порасти потражња за месом и до 76% (Hong et al., 2020; Dragojlović et al., 2022). Како би се у будућности задовољила већа потражња за производима животињског порекла, сточарски сектор мора постати продуктивнији и економичнији, те је усвајање одрживих стратегија исхране неопходно (Syahrulawal et al., 2023).

Тренутни извори протеина, као што су рибље брашно и соја, увозе се у Европску Унију и сматра се да ће се трошкови увоза у будућности повећати. У циљу смањења трошкова велики број истраживања окренут је проналажењу алтернативних извора протеина (Grau et al., 2017).

Инсекти привлаче велику пажњу последњих година зато што се сматрају алтернативним и одрживим извором хранљивих материја за сточну и људску исхрану (Rumbos et al., 2020). Сматра се да су управо инсекти идеалан алтернативни извор протеина због њихове високе ефикасности конверзије хране, ниске емисије гасова стаклене баште и свеукупно мање потрошње ресурса за узгој (Costa et al., 2020). Јестиви инсекти нису конкуренти када су у питању ресурси за исхрану, што њихову производњу чини веома одрживом и јефтином (Garino et al., 2021). Последњих деценија инсекти се користе као извор протеина за животињску исхрану, пошто је доказано да су неке врсте здравствено безбедне, а проценат јестивих делова неких инсеката је скоро 100% (Oonincx et al., 2012; Nowak et al., 2016).

У свету људи конзумирају преко 2000 инсекатских врста међу којима су представници готово свих родова, међутим само неколико врста има задовољавајуће нутритивне вредности (Јајић et al., 2020). Најчешће се конзумирају тврдокрилци - *Coleoptera* (33%), затим гусенице лептира - *Lepidoptera* (18%), осе, пчеле и мрави - *Hymenoptera* (12%), цврчци, попци и скакавци – *Orthoptera* (13%), стенице – *Hemiptera* (11%), термити – *Isoptera*, вилини коњици – *Odonata*, мушице - *Diptera* и остали (12%) (Van Huis, 2016). Број врста које се користе као алтернативни извор протеина у животињској исхрани је доста мањи и користе се свега 24 инсекатске врсте које спадају у 6 различитих редова: *Blattodea*, *Coleoptera*, *Diptera*, *Isoptera*, *Lepidoptera* и *Orthoptera*. Једна од врста која се најчешће користи у експериментима јесте велики брашнар *Tenebrio molitor* (*Coleoptera*, *Tenebrionidae*) (Urošević et al., 2019).

Нутритивни састав инсеката је изузетно добар, са високим садржајем протеина и повољним аминокиселинским саставом. Садржај различитих материја је изузетно варијабилан и зависи од врсте инсекта. Чак и унутар исте групе инсекатских врста нутритивни профил се може доста разликовати због исхране, метаморфолошке фазе, станишта и услова спољашње средине (Lange et al., 2021).

Последњих година врста *Tenebrio molitor* представља предмет бројних истраживања као једна од важнијих врста јестивих инсеката. Значајна употреба ове врсте огледа се у исхрани животиња у виду алтернативног извора хранљивих материја (Ramos-Elorduy et al., 2002; Van Broekhoven et al., 2014; Khanal et al., 2023). Ларве *Tenebrio molitor* имају добру нутритивну вредност са високим садржајем протеина и масних киселина, лако су сварљиви и неутралног су укуса (Nowak et al., 2016; Jin et al., 2016;

Yoo et al., 2019). Светска здравствена организација је 2007. године предложила да се врста *Tenebrio molitor* уврсти у исхрану људи и животиња као алтернативни извор протеина.

Супстрат који се најчешће користи за узгој великог брашнара јесте брашно уз додатак извора влаге и са или без додатка протеина (Ribeiro et al., 2018). Велики брашнар је врста коју је релативно лако узгајати и велики број истраживања усмерен је на проналазак оптималних хранива за масовни узгој врсте, где би се побољшао нутритивни састав инсеката а у исто време смањило трајање развојног циклуса (Van Broekhoven et al., 2015; Kröncke and Benning, 2023). Morales-Ramos et al. (2013) наводе да дијете богате уљем од кикирикија, палме, лососа, брашном од кромпира, сојиним протеинима и беланцима као нутритивног суплемента за великог брашнара *Tenebrio molitor* могу побољшати биолошке параметре. Дијете са високим садржајем протеина и липида значајно могу да унапреде биолошке параметре врсте, док је оптималан садржај угљених хидрата за узгој ових инсеката око 70% (Behmer, 2006)

Оптимизација хранива за узгој ове врсте у индустријским размерама може се постићи анализом развоја великог брашнара на појединим компонентама како би се формулисало нутритивно балансована дијета (Kröncke et al., 2019).

2. ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ

2.1 МОРФОЛОШКЕ ОДЛИКЕ ВЕЛИКОГ БРАШНАРА – *Tenebrio molitor* L.

Tenebrio molitor L. према научној класификацији припада следећим систематским категоријама:

- Раздео (Phylum): Arthropoda
- Класа (Class): Insecta
- Надред (Superorder): Coleopteroid
- Ред (Order): Coleoptera
- Подред (Suborder): Polyphaga
- Надфамилија (Superfamily): Tenebrionoidea
- Фамилија (Family): Tenebrionidae
- Врста (Species): *Tenebrio molitor*



Слика бр. 1: Имаго врсте *Tenebrio molitor*
Аутор: Chemnitz Markersdorf

Велики брашнар је космополитска врста која се углавном може наћи на тамнијим и запуштеним местима као што су: старо брашно, фабрике сточне хране, птичија гнезда, житарицама и њиховим прерађевинама, као и на разној амбалажи (Штрбац, 2002).

Велики брашнар је једна од највећих складишних штеточина. Тело одраслог инсекта (Слика бр. 1) је црне боје са металним одсјајем, док су ноге и трбушни регион црносмеђе боје. Тело је спљоштено, дужине од 12 до 17 mm. Главени регион је ужи од пронотума. Пронотум је широк и прекривен пунктацијама, чије су бочне ивице угласто продужене према напред. Елитре су исте ширине као пронотум са тачкастим удубљењима по дужини. Антене су нитастог изгледа, састављене од 11 једнаких чланака (Јовичић и сар., 2022). Врста има четири развојна стадијума: јаје, ларву, лутку и имага (Siemianowska et al., 2013).



Слика бр. 2: Ларва врсте *Tenebrio molitor*

<https://entomologytoday.org/wp-content/uploads/2019/03/yellow-mealworm-Tenebrio-molitor-larva.jpg>

Tenebrio molitor има једну генерацију годишње, међутим развојни период може се продужити и на две године. Женка положи око 500 јаја, појединачно или у групама, на производе или на нека скровитија места тако што их прилепљује за подлогу. При температури од 25°C ларве се пиле за 3 до 9 дана. Врста може имати и до 20 ларвених стадијума, чије се димензије крећу од 3 mm до 3.16 cm (Bin et al., 2014). Стадијум ларве може трајати од 1 до 8 месеци. Боја тела ларви је светло жута са браон прстеновима (Слика бр. 2), у зависности од хранива и услова на којима се развија боја

може варирати и до тамно жуте са браон прстеновима. Након тога долази до формирања стадијума лутке. Лутка (Слика бр. 3) овог инсекта је млечно беле боје и овај стадијум може трајати између 5 и 28 дана на 18°C . Живот имага траје 2 до 3 месеца (Штрбац, 2002; Ghaly and Alkoaik, 2009).



Слика бр. 3: Лутка врсте *Tenebrio molitor*
Аутор: Tomasz Klejdysz

Оптимална температура за развој ове врсте креће се од 25 °C до 28°C. Развоју ларви погодује $\geq 70\%$ релативне влажности ваздуха, док је оптимум између 60% и 75%. Када је у питању исхрана, садржај квасца од 5 до 10%, угљених хидрата око 80-85% и уз додатак витамина Б, погодују развоју великог брашнара (Ribeiro et al., 2018).

2.2 ЗНАЧАЈ ОДНОСА ПРОТЕИНА И УГЉЕНИХ ХИДРАТА ЗА УЗГОЈ ИНСЕКТА

Инсекти се сматрају алтернативним извором протеина због њиховог доброг нутритивног профила са високим садржајем протеина, те је оптимизација њиховог узгоја изузетно важна за будућност. Балансирањем различитих компоненти у исхрани може се постићи оптимизација животног циклуса многих инсекатских врста у циљу смањења трајања развојног циклуса, повећања фекундитета и биомасе (Rho and Lee, 2016). Производња инсеката може се поделити у две фазе: размножавање и продукција биомасе. Прва фаза односи се на одрасле јединке и подразумева стварање оптималних

услова за размножавање како би се побољшао фекундитет инсеката и на тај начин директно утицало и на производњу биомасе. Друга фаза односи се на узгој ларвених стадијума инсеката, који се најчешће користе као извор протеина, у циљу повећања њихове масе за краatak временски период од неколико недеља (Jensen et al., 2017).

Фекундитет је важна особина инсеката која је директно повезана са исхраном. Бројним истраживањима доказано је да је број положених јаја од стране женки директно пропорционалан повећању односа протеина и угљених хидрата у храни на којој се инсекти развијају (Lee, 2015; Jensen et al., 2015). Доказано је да поред тога што однос протеина и угљених хидрата утиче на фекундитет женки, значајно може утицати и на плодност мужјака (Bunning et al., 2015; Rapkin et al., 2016; Morimoto and Wigby, 2016). Резултати истраживања које су спровели Lee et al. (2008) сугеришу да постоји негативна веза између трајања животног циклуса и репродукције услед различитих захтева за протеинима и угљеним хидратима. Однос угљених хидрата и протеина који поспешује репродукцију инсеката, разликује се од оног који оптимизује трајање животног циклуса.

Оптималан однос угљених хидрата и протеина у исхрани варира међу врстама због њиховог начина живота и филогенетске припадности (Raubenheimer and Simpson, 1997). Потребе за протеинима и угљеним хидратима такође могу варирати и унутар исте врсте у зависности од фазе развоја или пола, као последица различитих физиолошких потреба инсеката (Canato and Zucoloto, 1998). Harrison et al., (2014) наводе да пољски цврчак - *Gryllus veletis* услед исхране са високим садржајем протеина највише добија на маси и повећава се фекундитет, док храна са високим садржајем угљених хидрата продужава животног век инсекта.

Однос протеина и угљених хидрата у великој мери може утицати на трајање животног циклуса великог брашнара - *Tenebrio molitor*. Исхрана са високим нивоом протеина значајно може скратити животног век одраслих инсеката, док дијета са уравнотежим односом протеина и угљених хидрата или вишим нивоом угљених хидрата може да га продужи. Ова појава објашњена је хипотезом о „смртоносном протеину“ која полази од претпоставке да прекомеран унос протеина може имати токсично дејство на организам у виду оксидативног стреса или нагомилавања азотних једињења. Највећи фекундитет забележен је на дијети са једнаким односом протеина и угљених хидрата,

што указује да је тај однос оптималан како за репродукцију, тако и за преживљавање (Rho and Lee, 2016).

У истраживању које су спровели Rho and Lee (2016) доказано је да макронутритивни састав у исхрани има значајан утицај на развој ларви и њихове биолошке перформансе. Супстрати са високим садржајем протеина и угљених хидрата значајно могу утицати на масу ларви, где битнији фактор представља садржај угљених хидрата. Унос високог нивоа угљених хидрата доприноси бољем расту и већој акумулацији липида у телу ларви, чак и са нижим садржајем протеина. Са друге стране, висок ниво протеина без довољно енергије из угљених хидрата доводи до успореног раста и смањења масе ларви. У зависности од уноса протеина и угљених хидрата у организам, ниво липида може значајно варирати, те с тим у вези варира и енергетски ниво ларви као хране. Ниво протеина остаје релативно стабилан што указује на постојање унутрашње регулације депоновања протеина.

2.3 *Tenebrio molitor* L. КАО АЛТЕРНАТИВНИ ИЗВОР ПРОТЕИНА

У пољопривреди *Tenebrio molitor* L. има велик потенцијал као алтернативни извор протеина услед богатог нутритивног профила са високим садржајем протеина, висококвалитетних аминокиселина и угљених хидрата. Велики брашнар представља уобичајену храну за кућне љубимце, укључујући и мале сисаре и гмизавце, где представља значајан извор протеина (44-70%) (Hussain et al., 2017).

Нутритивни профил великог брашнара (*Tenebrio molitor*) може значајно варирати у зависности од начина исхране, стадијума развоја, као и услова гајења као што су температура, влажност и супстрат на којем се инсект узгаја. Према резултатима истраживања Hong et al. (2020), садржај сирових протеина у ларвама овог инсекта може се кретати у широком распону од 47% до 60,2% у сувој материји, што указује на значајан потенцијал за употребу у сточној исхрани. Ове податке потврђују и друга истраживања, где су Costa et al. (2020) измерили садржај протеина од 45,6%, а Bovera et al. (2013) 51,93%. Barroso et al. (2014) навели су да садржај протеина у сувој материји може достићи 58,4%, а Heidari-Parsa et al. (2018) забележили су највишу вредност садржаја протеина од 60,21%.

Слично варира и садржај липида у ларвама, што је важан параметар при формулисању уравнотежених сточних оброка. Док су Ghaly и Alkoaik (2009) забележили најнижи

садржај липида од 12%, Siemianowska et al. (2013) су својим истраживањем утврдили значајно виши садржај липида у ларвама где је износио 42,48%. Садржај незасићених масних киселина у ларвама великог брашнара је изузетно висок, где је олеинска киселина заступљена са 40,83% укупне липидне фракције, а затим следе линолна киселина (омега-6 масна киселина) са 29,80% и линолеинска киселина са 1,08% (Јајић et al., 2020). Висок садржај липида указује на то да ларве могу представљати и вредан извор енергије у исхрани животиња.

Садржај сирових влакана такође показује значајну варијабилност. Barroso et al. (2014) су навели садржај влакана од 3,5%, док су Heidari-Parsa et al. (2018) измерили чак 22,35%, што може имати утицаја на сварљивост и нутритивну вредност у различитим врстама сточне хране.

Према истраживању Јајић et al., (2020) есенцијалне аминокиселине су високо заступљене у сувој материји где се налазе у следећим процентима: изолеуцин (4,12%), тирозин (3,86%), фенилаланин (3,06%), леуцин (2,96%), лизин (2,67%) и метионин (1,76%).

Највећи број истраживања усмерен је управо на проучавање хемијског састава ларви *T. molitor*, с обзиром на то да је њихова производња знатно ефикаснија и економичнија у поређењу са производњом одраслих јединки. Да би се очувао њихов нутритивни састав потребно је унапредити процесе обраде као што су сушење, замрзавање, термичка обрада и млевење, уз претходно одмашћивање или хидролизу. Због високог садржаја протеина и аминокиселина, ларве могу представљати одрживу замену за сојину сачму и рибље брашно. Поред тога, кутикула ларви садржи хитин — несварљиво влакно које позитивно делује на имуни систем (Hong et al., 2020).

Selaledi et al. (2019) наводе да исхрана бројлера са додатком од 10% инсекатског брашна врсте *Tenebrio molitor* може позитивно утицати на повећање масе. Hong et al. (2020) наводе да додатак ларви великог брашнара исхрани пилића у садржају од 0 до 0,3% може побољшати прираст телесне масе бројлера, конверзију хране и принос трупца. Постепено повећање удела пуно-масног брашна *Tenebrio molitor* до 15% у оброцима бројлера током производног циклуса (0–53 дана) резултирало је значајним порастом телесне масе на 12. и 25. дан, као и повећаним дневним уносом хране и побољшаним коефицијентом искоришћења хране (FCR), док није уочен значајан утицај на масу трупца, прса и батка (Biasato et al., 2018).

Када је у питању исхрана свиња, нема великог броја истраживања везаних за употребу инсекатског брашна *T. molitor* као замену или додатак хранивима. Према истраживању Hong et al. (2020) утврђено је да повећање удела *T. molitor* ларви у оброцима прасади од 0% до 6%, у дијетама са уједначеним садржајем метаболичке енергије, сирових протеина, лизина и метионина, довело је до значајног повећања телесне масе, просечног дневног прираста (average daily gain, ADG), дневног уноса хране (average daily feed intake, ADFI), као и побољшане конверзије у периоду од пет недеља након почетка исхране.

Насупрот томе, студија Meyer et al. (2020) је показала да укључивање *T. molitor* ларви до 10% у оброке прасади није довела до промене у телесној маси, уносу хране или конверзији хране, али је примећено повећање концентрација појединих аминокиселина у плазми, што указује на потенцијални утицај на метаболизам протеина. У истој студији није било утицаја на параметре повезане са липидима, жучним киселинама или карнитином.

Инсекти се све више препознају као одржив и еколошки прихватљив извор протеина за сточну храну. У поређењу са традиционалним изворима као што су говеда, свиње и живина, њихова производња има значајно мањи негативан утицај на животну средину - захтева мање обрадивог земљишта и воде, као и знатно ниже емисије гасова стаклене баште (Miglietta et al., 2015). Осим тога, одређене врсте инсеката, попут *Tenebrio molitor*, могу се користити за биоразградњу органског отпада, претварајући га у вредан протеин, што додатно доприноси одрживости читавог система производње хране (Veldkamp et al., 2012; Heckmann et al., 2018). Овакве предности чине инсекте перспективним решењем за будуће изазове у сточарству и производњи хране.

3. ЗАДАТАК И ЦИЉ РАДА

Услед убрзаног раста и повећаних потреба светске популације за протеинима анималног порекла, потребно је пронаћи алтернативне изворе протеина како за исхрану животиња тако и за исхрану људи. Јестиви инсекти су због свог богатог нутритивног састава једна од значајних алтернатива. Све већи број истраживања фокусиран је на испитивања везана за проналазак оптималних услова и хранива за развој инсеката како би њихов нутритивни састав и време развоја били што оптималнији. Ово истраживање има задатак да покаже на којој се смеши инсекти најбоље развијају у погледу бројности, масе и времена развића. Циљ овог истраживања јесте праћење развоја врсте *Tenebrio molitor* на хранивима различитог хемијског састава како би се утврдило које храниво је најповољније за узгој ове инсекатске врсте.

4. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

Истраживање је обављено у Лабораторији за Ентомологију, Департамента за фитомедицину и заштиту животне средине на Пољопривредном факултету у Новом Саду.

4.1 ПРИПРЕМА СМЕША

За потребе истраживања коришћено је девет различитих смеша, односно једна контрола и осам смеша са различитим односом протеина и угљених хидрата. Пшеничне мекиње служиле су као основа за сваку смешу, док су чисте пшеничне мекиње коришћене као контролни третман. Са циљем повећања садржаја протеина у смешама додаван је сојин гриз, који се најчешће користи као извор протеина у животњској исхрани. Како би се у смешама повећао ниво енергије, односно садржај угљених хидрата, додаван је кукуруз. Поред ових састојака, смешама је додаван и репин резанац, који се овде разматра само као извор протеина, без енергетског доприноса. Варирањем садржаја ових компоненти формулисане су смеше са три различита нивоа протеина, од којих је сваки комбинован са три различита нивоа енергије, што је резултирало са укупно девет смеша. Нивои протеина и угљених хидрата кретали су се низак, висок и средњи ниво.

4.2 ПОСТАВЉАЊЕ ОГЛЕДА

Инсекти коришћени за потребе огледа су део вишегодишње популације узгајане у Лабораторији за ентомологију, Департамента за фитомедицину и заштиту животне средине на Пољопривредном факултету у Новом Саду. Оглед је вршен на девет различитих смеша од којих је једна контрола, а осталих 8 представљају смеше са различитим односима нивоа енергије и протеина. Свака смеша постављена је у 4 понављања (Слике бр. 4, 5, 6 и 7). Свако понављање садржало је 50 грама одабране смеше. У сваком понављању постављено је 25 инсеката, који су са храном пренети у

пластичне посуде запремине 1,65 л. Посуде су смештене у клима комору са микроклиматским условима од 26 °C и 55% рел. вл. ваздуха где су држане 65 дана. Три пута у току недељу дана додавани су комади мркве који представљају додатни извор влаге (Слика бр. 8).



Слике бр. 4 и 5: Одмеравање смеша за потребе огледа
(Фото: Теодора Ковановић)



Слика бр. 6: Издвајање имага
(Фото: Теодора Ковановић)



Слика бр. 7: Постављање инсеката у клима комору
(Фото: Теодора Ковановић)



Слика бр. 8: Постављање инсеката на смеше уз додатак мркве
(Фото: Теодора Ковановић)

4.3 ОЧИТАВАЊЕ РЕЗУЛТАТА ОГЛЕДА

Након 65 дана, вршен је преглед огледа на присуство различитих развојних стадијума великог брашнара и њихово пребројавање (Слике бр. 9, 10 и 11). Приликом пребројавања пратила се бројност живих и уинулих одраслих инсеката, бројност и маса ларви, као и бројност и маса лутака.



Слика бр. 9: Пребројавање различитих развојних стадијума
(Фото – Теодора ковановић)



Слике бр. 10 и 11: Мерење масе ларви и лутака
(Фото: Теодора Ковановић)

4.4 СТАТИСТИЧКА ОБРАДА ПОДАТАКА

Статистичка анализа података извршена је основним статистичким методама и тестовима, као што су ANOVA и PostHoc тестови, коришћењем софтверског пакета (TIBCO, Универзитетска лиценца). Подаци су приказани табеларно и графички. Приказује се раст популације, просечан број одраслих јединки (живих и мртвих), број ларви и лутака, укупан број јединки и тренутна стопа повећања.

5. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

5.1 Хемијска анализа смеша

Како би се боље разумео састав смеша одрађена је хемијска анализа. Контрола представља смешу са ниским нивоом протеина и ниским нивоом енергије. На 100 грама смеше однос суве материје и влаге био је 90,19 према 9,81. Садржај сирових протеина у сувој материји износио је 13,38, а сирове целулозе 6,04 (Табела бр. 1). Однос суве материје и влаге у смеши 1 био је 90,2 према 9,80. У смеши 1 ниво протеина је средњи, где је њихов садржај у сувој материји 15,74, а ниво угљених хидрата низак и њихов садржај у сувој материји износио је 7,05. Смеша 2 јесте смеша у којој је ниво протеина висок, а ниво енергије низак. Однос суве материје и влаге износио је 90,04 према 9,96. Садржај сирових протеина у смеши 2 износио је 18,33, а садржај угљених хидрата 7,6.

Табела бр. 1: Хемијски састав контроле, смеше 1 и смеше 2

	Протеини 1 енергија 1	Протеини 2 енергија 1	Протеини 3 енергија 1
	Контрола	Смеша 1	Смеша 2
Сува материја	90,19	90,2	90,04
Влага	9,81	9,80	9,96
Сирови протеини	13,38	15,74	18,33
Сирове масти	3,24	2,94	2,57
Сирова целулоза	6,04	7,05	7,6
Пепео	4,74	4,85	4,9

Хемијска анализа смеша 3, 4 и 5 приказана је у Табели бр. 2. Смеша 3 представља смешу са ниским нивоом протеина и средњим нивоом енергије. Садржај суве материје износио је 89,46, док је садржај влаге био 10,36. Сирови протеини садржани су у нивоу 13,22, а целулоза 5,04. Ниво протеина и енергије у смеши 4 био је средњи. Садржај суве материје био је 90,37, а садржај влаге 9,63. Садржај сирових протеина у сивој материји износио је 15,66, док је садржај сирове целулозе износио 5,61. У смеши 5 ниво протеина је висок, а енергије средњи. Однос суве материје и влаге био је 90,16 према 9,64. Садржај сирових протеина у смеши 5 износио је 17,74, а садржај угљених хидрата 2,5.

Табела бр. 2: Хемијски састав смеше 3, смеше 4 и смеше 5

	Протеини 1 енергија 2	Протеини 2 енергија 2	Протеини 3 енергија 2
	Смеша 3	Смеша 4	Смеша 5
Сува материја	89,64	90,37	90,16
Влага	10,36	9,63	9,64
Сирови протеини	13,22	15,66	17,74
Сирове масти	2,83	2,52	2,5
Сирова целулоза	5,04	5,61	5,99
Пепео	4,17	4,38	4,43

Хемијски састав смеше 6, смеше 7 и смеше 8 приказан је у Табели бр. 3. Смеша 6 представља смешу са ниским нивоом протеина и високим нивоом енергије. Однос суве материје и влаге био је 90,19 према 9,81. Садржај сирових протеина износио је 13,59, док је садржај сирове целулозе износио 5,27. Ниво протеина био је средњи, док је ниво енергије био висок у смеши 7. Садржај суве материје износио је 90,26, док је садржај влаге износио 9,74. Сирови протеини садржани су у количини 15,79, а сирова целулоза 5,41. Смеша 8 представља смешу где су и ниво протеина и ниво енергије

били високу. Однос протеина и влаге био је 91,21 према 8,79. Садржај сирових протеина у смеши износио је 18,06, док је садржај сирове целулозе износио 5,69.

Табела бр. 3: Хемијски састав смеше 6, смеше 7 и смеше 8

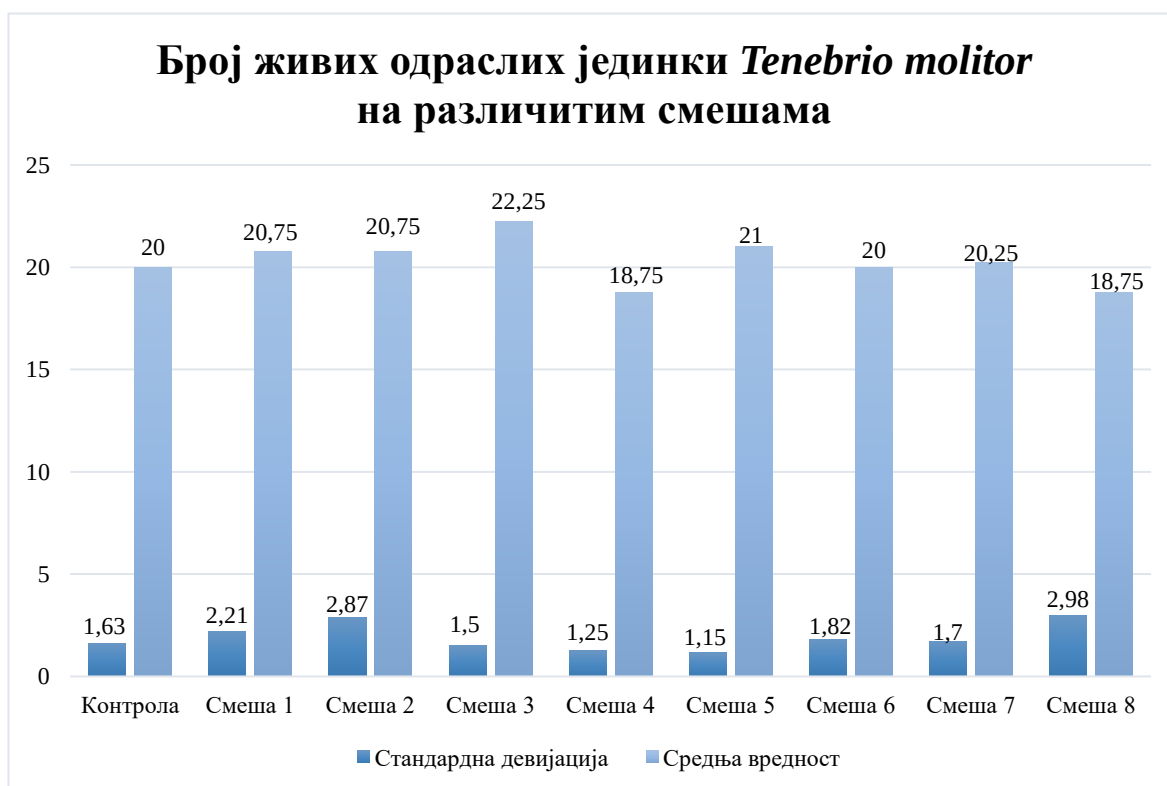
	Протеини 1 енергија 3	Протеини 2 енергија 3	Протеини 3 енергија 3
	Смеша 6	Смеша 7	Смеша 8
Сува материја	90,19	90,26	91,21
Влага	9,81	9,74	8,79
Сирови протеини	13,59	15,79	18,06
Сирове масти	2,58	2,4	2,51
Сирова целулоза	5,27	5,41	5,69
Пепео	3,67	3,9	3,77

5.2 Резултати читавања огледа

Просечан број живих одраслих јединки великог брашнара *T. molitor* у контролној групи и на различитим смешама приказан је у Табели бр. 4. Средње вредности су се кретале од 18,75 која је забележена на смешама 4 и 7 до 22,75 на смеши 3 (Графикон бр. 1). Најмања стандардна девијација забележена је на смеши 5 где је износила 1,15, што указује на ниску варијабилност међу поновљеним мерењима, док је највећа стандардна девијација забележена на смеши 8 (2,98) што указује на високу варијабилност међу поновљеним мерењима. Анализа варијансе није утврдила постојање статистички значајне разлике на шта указују вредности $F=1,204$ и $p=0,333$. Данканов пост-хок тест је добијене резултате према хомогености поделио у три групе „а“, „б“ и „аб“. Хомогеној групи „а“ припадају смеше 4 и 8. У групу „б“ сврстана је смеша 3, док контрола, смеша 1, 2, 5, 6 и 7 припадају хомогеној групи „аб“.

Табела бр. 4: Број живих одраслих јединки *Tenebrio molitor* на различитим смешама

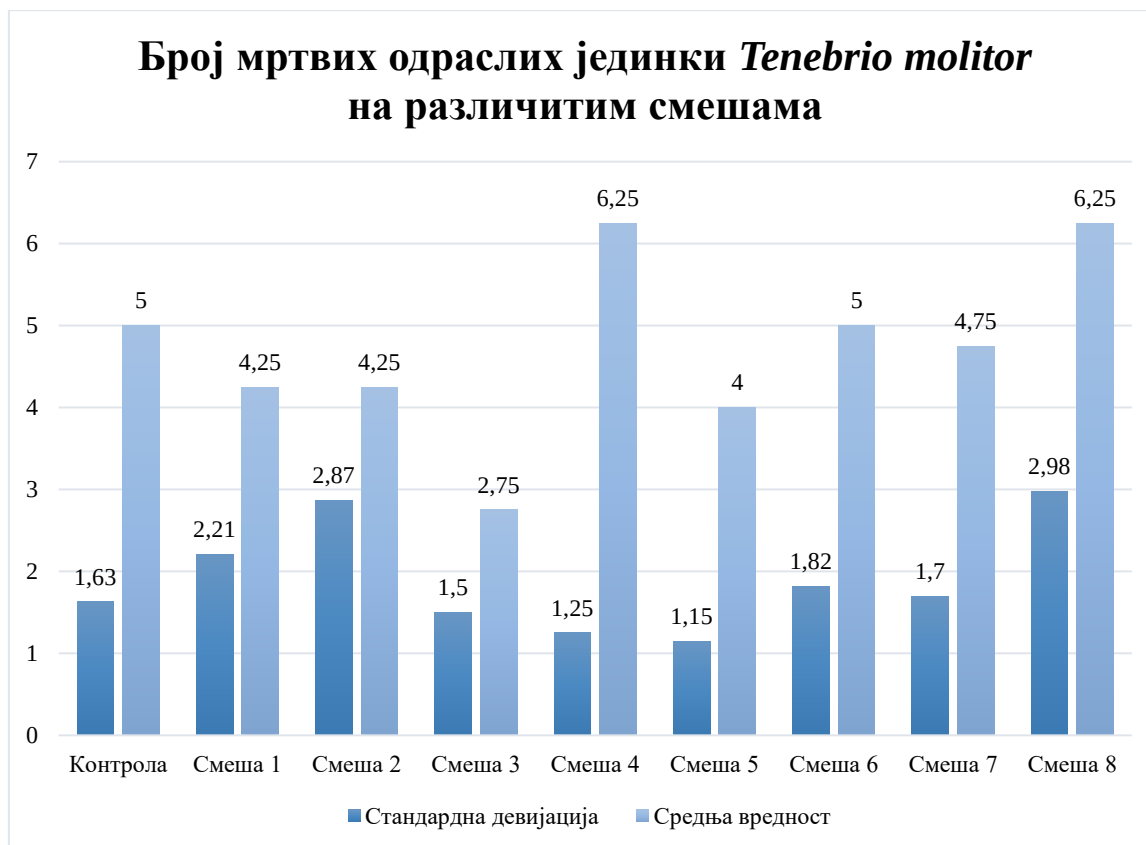
	Пон. 1	Пон. 2	Пон. 3	Пон. 4	Стандардна девијација	Средња вредност
Контрола	20	22	20	18	1,63	20,00 аб
Смеша 1	22	20	23	18	2,21	20,75 аб
Смеша 2	17	21	24	21	2,87	20,75 аб
Смеша 3	21	23	21	24	1,50	22,25 б
Смеша 4	17	19	20	19	1,25	18,75 а
Смеша 5	20	22	22	20	1,15	21,00 аб
Смеша 6	19	18	21	22	1,82	20,00 аб
Смеша 7	18	20	21	22	1,70	20,25 аб
Смеша 8	22	18	15	20	2,98	18,75 а
ANOVA	F			1,204		
	p			0,333		

Графикон бр. 1: Број живих одраслих јединки *Tenebrio molitor* на различитим смешама

Просечан број мртвих одраслих јединки великог брашнара *T. molitor* у контролној групи и на различитим смешама приказан је у Табели бр. 5. Број мртвих јединки се у просеку кретао од 2,75 на смеши 3 до 6,25 на смешама 4 и 8 (Графикон бр. 2). Најмања стандардна девијација забележена је на смеши 5 где је њена вредност 1,15, што указује на ниску варијабилност међу поновљеним мерењима, док је највећа стандардна девијација забележена у смеши 8, чија вредност износи 2,98, што указује на високу варијабилност међу мерењима. Остале вредности стандардне девијације кретале су се између 1,25 на смеши 4 и 2,87 на смеши 2. Анализом варијансе није утврђено постојање статистички значајне разлике где су вредности $F=1,204$ и $p=0,333$. Међутим Данкановим пост-хок тестом добијене средње вредности подељене су у три групе: „а“, „б“ и „аб“. Хомогеној групи „а“ припада смеша 3. Средње вредности смеша 4 и 8 су према хомогености сврстане у групу „б“. Контрола, смеша 1, смеша 2, смеша 5, смеша 6 и смеша 7 су сврстане у хомогену групу „аб“.

Табела бр. 5: Број мртвих одраслих јединки *Tenebrio molitor* на различитим смешама

	Пон. 1	Пон. 2	Пон. 3	Пон. 4	Средња вредност	Стандардна девијација
Контрола	5	3	5	7	5,00 аб	1,63
Смеша 1	3	5	2	7	4,25 аб	2,21
Смеша 2	8	4	1	4	4,25 аб	2,87
Смеша 3	4	2	4	1	2,75 а	1,50
Смеша 4	8	6	5	6	6,25 б	1,25
Смеша 5	5	3	3	5	4,00 аб	1,15
Смеша 6	6	7	4	3	5,00 аб	1,82
Смеша 7	7	5	4	3	4,75 аб	1,70
Смеша 8	3	7	10	5	6,25 б	2,98
ANOVA			F		1,204	
			p		0,333	

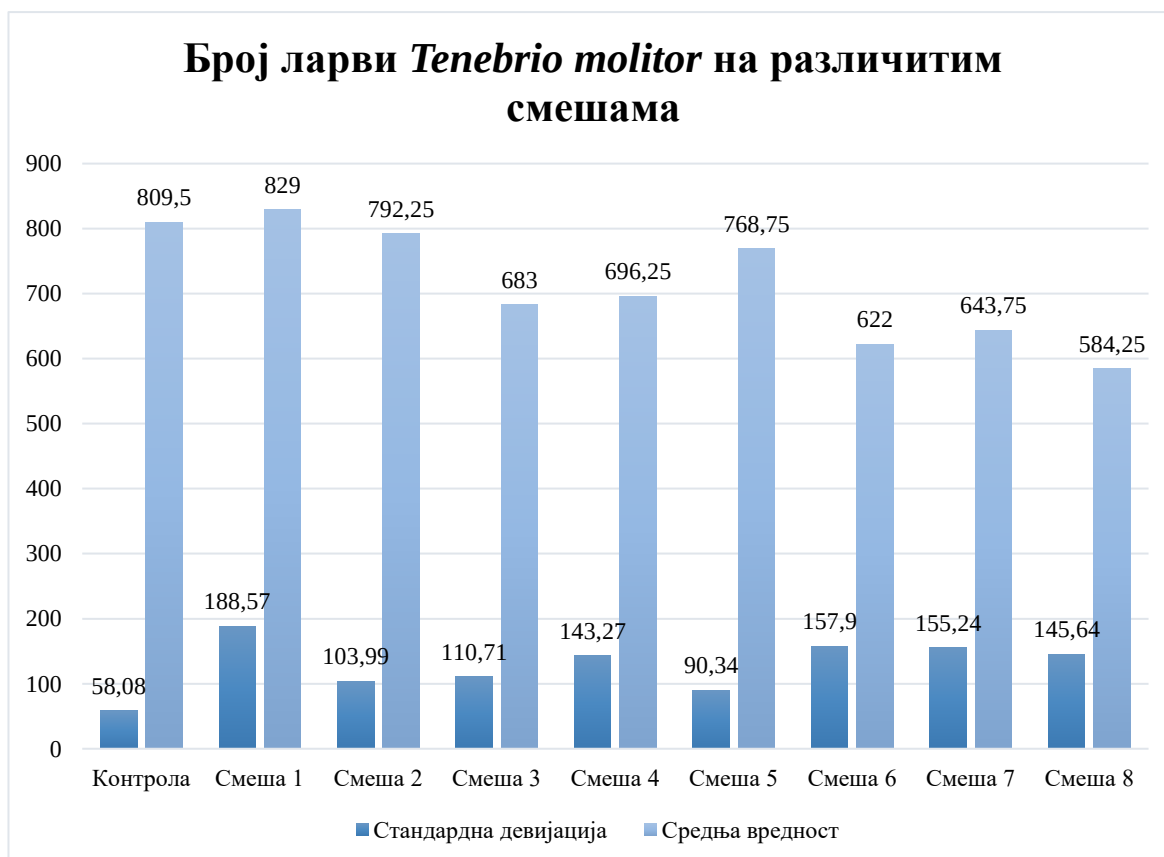


Графикон бр. 2: Број мртвих одраслих јединки *Tenebrio molitor* на различитим смешама

Просечан број ларви великог брашнара *T. molitor* у контролној групи и на различитим смешама приказан је у Табели 6. Најнижа средња вредност забележена је на смеши 8 где је износила 584,25, док је највиша вредност од 829,00 забележена у смеши 1 (Графикон бр. 3). Најмања стандардна девијација забележена је у контролној групи чија је вредност 58,08, док је највећа стандардна девијација забележена у смеши 1 где је износила 188,57. Остале вредности стандардне девијације кретале су се од 90,34 у смеши 5 до 157,90 у смеши 6. Анализом варијансе није утврђено постојање статистички значајне разлике ($F=1,761$; $p=0,130$). Добијене средње вредности су анализирале Данкановим пост-хок тестом хомогености где су сврстане у 3 групе: „а“, „аб“ и „б“. Контрола и смеша 1 су сврстане у групу „б“, док групи „а“ припада само смеша 8. Добијене средње вредности смеше 2, смеше 3, смеше 4, смеше 5, смеше 6 и смеше 7 сврстане су хомогену групу „аб“.

Табела бр. 6: Број ларви *Tenebrio molitor* на различитим смешама

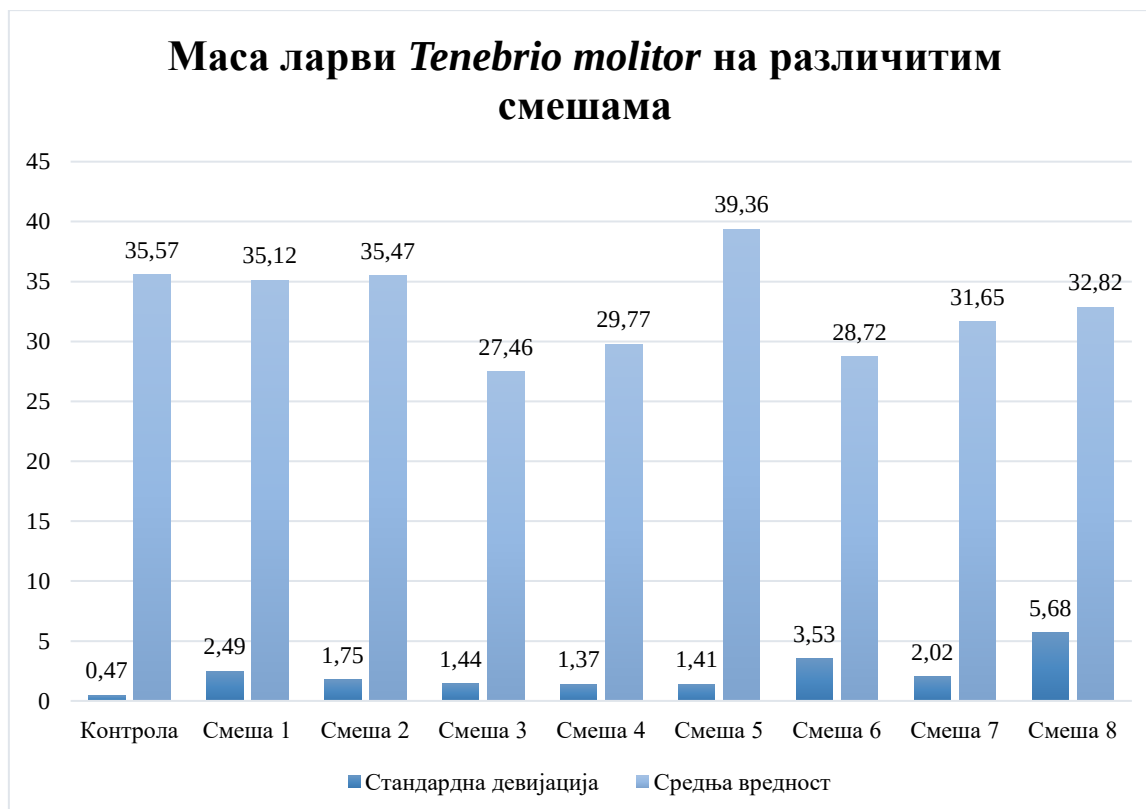
	Пон. 1	Пон. 2	Пон. 3	Пон. 4	Средња вредност	Стандардна девијација
Контрола	865	765	854	754	809,50 б	58,08
Смеша 1	924	658	686	1048	829,00 б	188,57
Смеша 2	646	888	835	800	792,25 аб	103,99
Смеша 3	847	604	637	644	683,00 аб	110,71
Смеша 4	659	516	760	850	696,25 аб	143,27
Смеша 5	850	738	832	665	768,75 аб	90,34
Смеша 6	837	516	643	492	622,00 аб	157,90
Смеша 7	517	870	601	587	643,75 аб	155,24
Смеша 8	503	750	656	428	584,25 а	145,64
ANOVA	F			1,761		
	p			0,130		

Графикон бр. 3: Број ларви *Tenebrio molitor* на различитим смешама

Просечна маса ларви великог брашнара *T. molitor* у контролној групи и на различитим смешама приказана је у Табели бр. 7. Просечна маса ларви кретала се од 27,46 г у смеши 3 до 39,36 г у смеши 5 (Графикон бр. 4). Маса ларви које су се развијале на осталим смешама кретале су се у просеку од 28,72 у смеши 6 до 35,57 у смеши 2. Најмања стандардна девијација, која је износила 0,47, забележена је на смеши 1, што указује на ниску варијабилност резултата добијених поновљеним мерењима, док је највећа стандардна девијација забележена на смеши 8 где је износила 5,68, што указује на високу варијабилност међу поновљеним мерењима. Остале вредности стандардне девијације кретале су се од 1,37 на смеши 4 до 3,53 на смеши 6. ANOVA резултати, F вредност која је износила 8,307 и p вредност која је износила 0,000 указују на постојање статистички значајне разлике између добијених вредности масе ларви. Добијене резултате потврђује и Данканов пост-хок тест који је средње вредности поделио у више хомогених група: „а“, „аб“, „абц“, „бц“, „ц“, „д“ и „цд“. Хомогеној групи „а“ припада просечна маса ларви добијена на смеши 3, групи „аб“ припадају вредности добијене на смешама 4 и 6. Смеша 7 сврстана је у хомогену групу „абц“, док је смеша 8 сврстана у групу „бц“. Контрола и смеша 2 сврстане су у хомогену групу „цд“, док је средња вредност добијена на смеши 2 сврстана у групу „ц“. Хомогеној групи „д“ припада смеша 5.

Табела бр. 7: Маса ларви *Tenebrio molitor* на различитим смешама

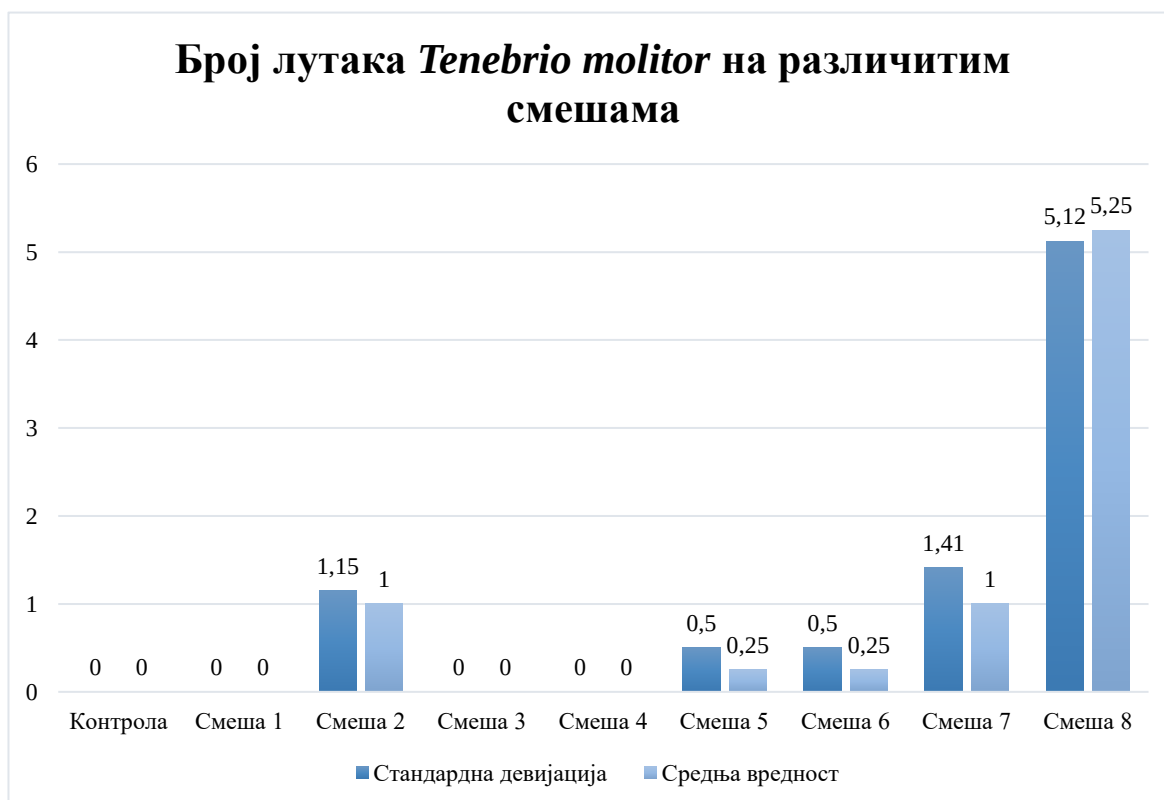
	Пон. 1	Пон. 2	Пон. 3	Пон. 4	Средња вредност	Стандардна девијација
Контрола	35,19	35,17	35,79	36,13	35,57 цд	0,47
Смеша 1	35,47	32,62	33,69	38,44	35,12 ц	2,49
Смеша 2	37,36	34,82	33,36	36,33	35,47 цд	1,75
Смеша 3	28,67	25,40	27,56	28,21	27,46 а	1,44
Смеша 4	29,90	27,92	30,02	31,25	29,77 аб	1,37
Смеша 5	40,01	39,42	37,39	40,65	39,36 д	1,41
Смеша 6	32,62	28,46	29,70	24,10	28,72 аб	3,53
Смеша 7	30,15	34,55	31,50	30,39	31,65 абц	2,02
Смеша 8	30,91	37,92	36,78	25,65	32,82 бц	5,68
ANOVA			F		8,307	
			p		0,000	

Графикон бр. 4: Маса ларви *Tenebrio molitor* на различитим смешама

Просечан број лутака великог брашнара *T. molitor* у контролној групи и на различитим смешама приказан је у Табели бр 8. Средње вредности кретале су се од 0,00 на смешама 1, 3, 4 и контроли, до 5,25 на смеши 8 (Графикон бр. 5). Најмања стандардна девијација износила је 0,00 у више третмана (контрола, смеша 1, смеша 3 и смеша 4), што указује на потпуно одсуство варијабилности, док је највећа стандардна девијација забележена у смеши 8 (5,12), што указује на високу варијабилност међу поновљеним мерењима. Анализом варијансе, где су вредности износиле $F=3,443$ и $p=0,007$, утврђено је постојање статистички значајне разлике. Данкановим пост-хок тестом потврђени су ови резултати, те су смеше сврстане у две хомогене групе: „а“ и „б“. Хомогеној групи „а“ припадају: контрола, смеша 1, смеша 2, смеша 3, смеша 4, смеша 5, смеша 6 и смеша 7, док је смеша 8 сврстана у хомогену групу „б“.

Табела бр. 8: Број лутака *Tenebrio molitor* на различитим смешама

	Пон. 1	Пон. 2	Пон. 3	Пон. 4	Средња вредност	Стандардна девијација
Контрола	0	0	0	0	0,00 а	0,00
Смеша 1	0	0	0	0	0,00 а	0,00
Смеша 2	0	2	2	0	1,00 а	1,15
Смеша 3	0	0	0	0	0,00 а	0,00
Смеша 4	0	0	0	0	0,00 а	0,00
Смеша 5	1	0	0	0	0,25 а	0,50
Смеша 6	0	0	0	1	0,25 а	0,50
Смеша 7	3	0	1	0	1,00 а	1,41
Смеша 8	6	3	0	12	5,25 б	5,12
ANOVA			F		3,443	
			p		0,007	

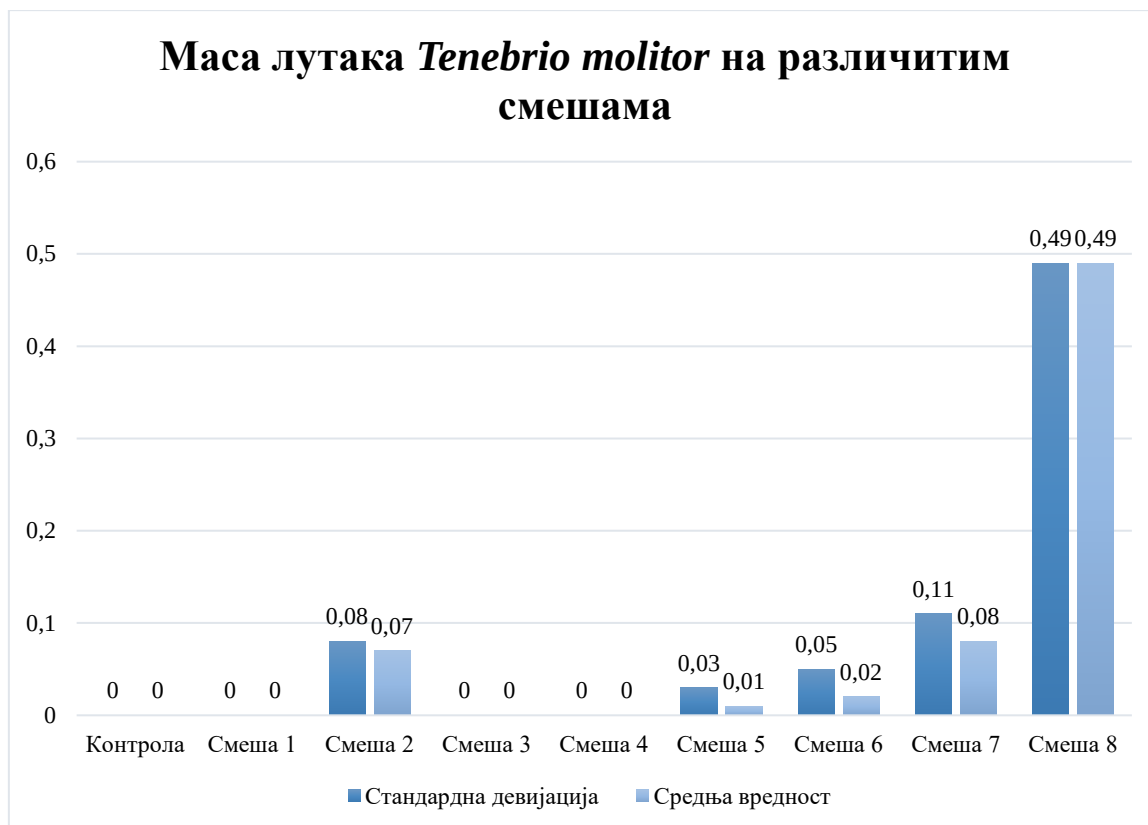
Графикон бр. 5: Број лутака *Tenebrio molitor* на различитим смешама

Просечна маса лутака великог брашнара *T. molitor* измерена у контролној групи и на различитим смешама приказана је у Табели бр. 9. Средње вредности кретале су се од

0,00 г у контроли и смешама 1, 3 и 4, до 0,49 г у смеши 8 (Графикон бр. 6). Нулта вредност стандардне девијације забележена је у више третмана: контрола, смеша 1, смеша 3 и смеша 4, чиме указује на одсуство варијабилности, док је највећа стандардна девијација забележена у смеши 8 где је износила 0,49, што указује на изражену варијабилност у поновљеним мерењима. Остале вредности стандардне девијације кретале су се од 0,03 на смеши 5 до 0,11 на смеши 7. Анализа варијансе показала је постојање статистички значајне разлике, где је F вредност износила 3,421, а p вредност износила 0,008. Данканов пост-хок тест резултате је поделио у две хомогене групе: „а“ и „б“. У хомогену групу „а“ сврстане су контрола, смеша 1, смеша 2, смеша 3, смеша 4, смеша 5, смеша 6 и смеша 7, док групи „б“ припада смеша 8.

Табела бр. 9: Маса лутака *Tenebrio molitor* на различитим смешама

	Пон. 1	Пон. 2	Пон. 3	Пон. 4	Средња вредност	Стандардна девијација
Контрола	0	0	0	0	0,00 а	0,00
Смеша 1	0	0	0	0	0,00 а	0,00
Смеша 2	0	0,14	0,16	0	0,07 а	0,08
Смеша 3	0	0	0	0	0,00 а	0,00
Смеша 4	0	0	0	0	0,00 а	0,00
Смеша 5	0,07	0	0	0	0,01 а	0,03
Смеша 6	0	0	0	0,10	0,02 а	0,05
Смеша 7	0,25	0	0,09	0	0,08 а	0,11
Смеша 8	0,60	0,24	0	1,12	0,49 б	0,49
ANOVA			F		3,421	
			p		0,008	

Графикон бр. 6: Маса лутака *Tenebrio molitor* на различитим смешама

6. ДИСКУСИЈА

Резултати бројних истраживања указују да нутритивни састав хране има кључну улогу у расту и развоју ларви врсте *Tenebrio molitor*. Иако се уобичајено претпоставља да већи садржај протеина у исхрани директно утиче на побољшан раст, добијени подаци показују да то није увек случај.

Mlček et al. (2021) спроводили су истраживање где су коришћени различити супстрати за узгој великог брашнара у циљу проналаска супстрата на ком би се инсекти најбоље развијали. Резултати истраживања указују на то да врста хранљивог супстрата значајно утиче на развој, смртност и хемијски састав ларви *Tenebrio molitor*. Ларве храњене пшеничним мекињама најбрже су се развијале, при чему је број формираних имага и лутака такође био висок. Ови резултати указују на високу ефикасност овог хранљивог средства у контексту индустријског узгоја. Међутим, бржи развој је праћен и повишеним морталитетом што се може повезати са порастом густине и појавом канибализма. У складу са овим резултатима, наше истраживање показује да се велики брашнар добро развија на пшеничним мекињама, које су код нас биле контрола.

Rumbos et al. (2020) су утврдили да житарице као што су пшеничне мекиње, брашно од кукуруза, брашно од дурум пшенице и бело пшенично брашно — све са умереним садржајем протеина (11,1–14,2%) — доводе до највећег повећања биомасе ларви. Сличан ефекат остварен је и код сложених дијета као што су млечна храна и сточна храна за кокошке носиле, које садрже 36,7% и 16,3% протеина. Супротно томе, употреба брашна од махунарки (нпр. грашак, соја, боранија), иако богата протеинима (22,9–42,4%), резултирала је значајно слабијим растом. У нашем истраживању, поред нивоа протеина, праћен је и утицај нивоа угљених хидрата у смешама, те добијени резултати указују на то да до највећег повећања биомасе долази при садржају протеина 17,74 и 5,99 сирове целулозе.

Rho and Lee (2016) утврдили су да је за оптималан раст *T. molitor* ларви најповољнији однос протеина и угљених хидрата приближно 1:1. Према томе, иако високо-

протеинске дијете генерално убрзавају раст инсеката, у пракси је неопходно пронаћи оптималан однос макронутријената како би се постигла најбоља конверзија хране у биомасу.

Barragan-Fonseca et al. (2019) спровели су истраживање како однос протеина и угљених хидрата утиче на развој црне војничке мушице – *Hermetia illucens*. Утврдили су да садржај угљених хидрата и протеина и њихов однос значајно могу утицати на развој инсеката. Виши садржај угљених хидрата продужава развојни циклус, а највећа маса ларви забележена је код исхране са високим нивоом и протеина и угљених хидрата. Велика маса ларви забележена је и код исхране на супстратима са високим нивоом угљених хидрата и ниским нивоом протеина, што указује да на масу ларви више утиче ниво угљених хидрата него протеина. Исхраном на супстратима са добрим односом протеина и угљених хидрата ларве постижу бољи перформанс и њихов хемијски састав је оптимизован.

Резултати добијени у нашем истраживању имају сличне резултате, где је на смешама са високим нивоом протеина и средњим нивоом угљених хидрата највећа продукција биомасе ларви. На смеши са високим нивоом протеина и угљених хидрата дошло је до смањења трајања животног циклуса.

7. ЗАКЉУЧАК

Најнижа маса ларви забележена је код смеше 3, где је ниво протеина низак, а угљених хидрата средњи, где је износила 27,46, док је број ларви био 683,00. Код смеше 6, маса ларви износила је 28,72, где је ниво протеина низак а ниво угљених хидрата висок. Број ларви код којих је измерена ова маса био је 622,00. Код смеше 3 није дошло до развоја стадијума лутке, док је код смеше 6 у просеку забележено 0,25 лутака. Из датог можемо закључити да инсекти слабије добијају на маси када су велике разлике у нивоима протеина и угљених хидрата.

Код смеше 4 просечан број развијених ларви износио је 696,25, где је њихова маса доостигла 29,77 грама. Нивои протеина и угљених хидрата у овој смеши били су средњи. Стадијум лутке није забележен.

Просечна маса ларви, код смеша 7 и 8, кретала се од 31,65 до 32,82, где је њихова бројност у просеку износила 643,75, односно 584,25. У ове две смеше дошло је до развоја стадијума лутке, где је код смеше 7 забележено у просеку 1 лутка, док је код смеше 8 забележено 5,25.

Добијене масе ларви код контроле, смеше 1 и смеше 2 кретале су се у просеку од 35,12, преко 35,47 до 35,57. Број ларви забележен у контроли износио је 809,50, у смеши 1, 829, а у смеши 2, 792,25. До улуткавања инсеката дошло је једино у смеши 2 где је њихов просечан број износио 1.

Највећа просечна маса ларви забележена је код смеше 5, са високим нивоом протеина и средњим нивоом угљених хидрата, где је износила 39,36, а њихова просечна бројност била је 768,75. Код ове смеше забележена је просечна бројност лутака од 0,25.

Из добијених резултата можемо закључити да за најбољи прираст инсеката погоднују смеше са средњим и високим нивоом протеина и средњим нивоом угљених хидрата, док на скраћење животног циклуса позитивно утичу смеше са високим нивоом угљених хидрата и средњим до високим нивоом протеина.

8. ЛИТЕРАТУРА

Barragan-Fonseca, K.B.; Gort, G.; Dicke, M.; van Loon, J.J.A. (2019): **Effects of Dietary Protein and Carbohydrate on Life-History Traits and Body Protein and Fat Contents of the Black Soldier Fly *Hermetia illucens***. *Physiol. Entomol.*, 44(2), 148–159. <https://doi.org/10.1111/phen.12285>

Barroso, F.G.; de Haro, C.; Sáñchez-Muros, M.-J.; Venegas, E.; Martínez-Sánchez, A. and Pérez-Bañón, C. (2014): **The potential of various insect species for use as food for fish**. *Aquaculture*, 422–423, 193–201.

Behmer, S.T. (2006): **Insect dietary needs: plants as food for insects**. Encyclopedia of Plant and Crop Science. UK, Taylor & Francis.

Biasato, I.; Gasco, L.; De Marco, M.; Renna, M.; Rotolo, L.; Dabbou, S.; Capucchio, M.T.; Biasibetti, E.; Tarantola, M.; Sterpone, L.; Cavallarin, L.; Gai, F.; Pozzo, L.; Bergagna, S.; Dezzutto, D.; Zoccarato, I. and Schiavone, A. (2018): **Yellow mealworm larvae (*Tenebrio molitor*) inclusion in diets for male broiler chickens: Effects on growth performance, gut morphology, and histological findings**. *Poult. Sci.*, 97, 540–548.

Bin, J.P.; Ho, C.W.; Hyun, K.S.; Jung, J.H.; Soo, H.J.; Seok, L.Y.; and Jung, K.N. (2014): **Developmental characteristics of *Tenebrio molitor* larvae (Coleoptera: Tenebrionidae) in different instars**. International Journal of Industrial Entomology Volume 28, Issue1, p5~9, 31. <https://doi.org/10.7852/ijie.2014.28.1.5>

Bovera, F.; Piccolo, G.; Gasco, L.; Marono, S.; Loponte, R.; Vassalotti, G.; Mastellone, V.; Lombardi, P.; Attia, Y.A. and Nizza, A. (2015): **Yellow mealworm larvae (*Tenebrio molitor*, L.) as a possible alternative to soybean meal in broiler diets**. *Br. Poult. Sci.*, 56, 569–575.

Bunning, H.; Rapkin, J.; Belcher, L.; Archer, C.R.; Jensen, K. and Hunt, J. (2015): **Protein and carbohydrate intake influence sperm number and fertility in male cockroaches, but not sperm viability**. *Proc. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* 282, 20142144.

- Canato, C.M. and Zucoloto, F.S. (1998): **Feeding behavior of *Ceratitis capitata* (Diptera, Tephritidae): influence of carbohydrate ingestion.** *Journal of Insect Physiology*, 44, 149–155.
- Costa, S.; Pedro, S.; Lourenço, H.; Batista, I.; Teixeira, B.; Bandarra, N.M.; Murta, D.; Nunes, R.; and Pires, C. (2020): **Evaluation of *Tenebrio molitor* larvae as an alternative food source,** NFS Journal, Volume 21, Pages 57-64, ISSN 2352-3646, <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2020.10.001>
- Dragojlović, D.; Đuragić, O.; Pezo, L.; Popović, L.; Rakita, S.; Tomičić, Z. and Spasevski, N. (2022): **Comparison of Nutritional Profiles of Super Worm (*Zophobas morio*) and Yellow Mealworm (*Tenebrio molitor*) as Alternative Feeds Used in Animal Husbandry: Is Super Worm Superior?** *Animals*, 12, 1277. <https://doi.org/10.3390/ani12101277>
- Garino, C.; Zagon, J. and Nesic, K. (2021): **Novel real-time PCR protocol for the detection of house cricket (*Acheta domesticus*) in feed.** *Anim. Feed Sci. Technol.* **2021**, 280, 115057.
- Ghaly, A.E. and Alkoaik, F.N. (2009): **The yellow mealworm as a novel source of protein.** *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*. Vol. 4, No. 4, 319-331 ref. 41.
- Grau, T.; Vilcinskas, A. and Joop, G. (2017): **Sustainable farming of the mealworm *Tenebrio molitor* for the production of food and feed.** *Zeitschrift für Naturforschung C*, 72(9-10), 337-349. <https://doi.org/10.1515/znc-2017-0033>
- Harrison, S.J.; Raubenheimer, D.; Simpson, S.J.; Godin, J.J. and Bertram, S.M. (2014): **Towards a synthesis of frameworks in nutritional ecology: interacting effects of protein, carbohydrate and phosphorus on field cricket fitness.** *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, **281**, 1–9. <https://doi.org/10.1098/rspb.2014.0539>
- Heckmann L.H.; Andersen J.L.; Gianotten N.; Calis M.; Fischer C.H. and Calis H. (2018): **Sustainable mealworm production for feed and food.** In *Edible Insects in Sustainable Food Systems*; Springer: New York, 321–328.
- Heidari-Parsa, S.; Imani, S.; Fathipour, Y.; Kheiri, F. and Chamani, M. (2018): **Determination of yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) nutritional value as an animal and human food supplementation.** *Arthropods*, 7, 94–102.

Hong, J.; Han, T. and Kim, Y.Y. (2020): **Mealworm (*Tenebrio molitor* Larvae) as an Alternative Protein Source for Monogastric Animal: A Review.** *Animals*, 10, 2068. <https://doi.org/10.3390/ani10112068>

Hussain, I.; Khan, S.; Sultan, A.; Chand, N.; Khan, R.; Alam, W. и Ahmad, N. (2017): **Meal worm (*Tenebrio molitor*) as potential alternative source of protein supplementation in broiler.** *International Journal of Biosciences*, 10(4), pp.255–262. Available at: <http://dx.doi.org/10.12692/ijb/10.4.255-262>

Jajić, I.; Popović, A.; Urošević, I. M.; Krstović, S.; Petrović, M.; Guljaš, D.; and Samardžić, M. (2020): **Fatty and amino acid profile of mealworm larvae (*Tenebrio molitor* L.)** *Biotechnology in Animal Husbandry* 36 (2), 167-180 , 2020 ISSN 1450-9156 Publisher: Institute for Animal Husbandry, Belgrade, Zemun. <https://doi.org/10.2298/BAH2002167J>

Jensen, K.; Kristensen, T.N.; Heckmann, L.-H.L. and Sørensen, J.G. (2017): **Breeding and maintaining high-quality insects.** In *Insects as Food and Feed: From Production to Consumption*; van Huis, A., Tomberlin, J.K., Eds.; Wageningen University & Research: Wageningen, The Netherlands; Texas A&M University: College Station, TX, USA.

Jensen, K.; McClure, C.; Priest, N.K. and Hunt, J. (2015): **Sex-specific effects of protein and carbohydrate intake on reproduction but not lifespan in *Drosophila melanogaster*.** *Aging Cell* 14, 605–615.

Jin, X.H.; Heo, P.S.; Hong, J.S.; Kim, N.J. and Kim, Y.Y. (2016): **Supplementation of dried mealworm (*Tenebrio molitor* larva) on growth performance, nutrient digestibility and blood profiles in weaning pigs.** *Asian -Australas. J. Anim. Sci.*, 29, 979–986

Khanal, P.; Pandey, D.; Næss, G.; Cabrita, R.J.A.; Fonseca, J.M.A.; Maia, R.G.M.; Timilsina, B.; Veldkamp, T.; Sapkota, R.; and Overrein, H. :(2023): **Yellow mealworms (*Tenebrio molitor*) as an alternative animal feed source: A comprehensive characterization of nutritional values and the larval gut microbiome,** *Journal of Cleaner Production*, Volume 389,136104, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136104>

Kröncke, N. and Benning, R. (2023): **Influence of Dietary Protein Content on the Nutritional Composition of Mealworm Larvae (*Tenebrio molitor* L.).** *Insects* , 14, 261. <https://doi.org/10.3390/insects14030261>

Kröncke, N.; Grebenteuch, S.; Keil, C.; Demtröder, S.; Kroh, L.; Thünemann, A.F.; Benning, R. and Haase, H. (2019): **Effect of Different Drying Methods on Nutrient Quality of the**

Yellow Mealworm (*Tenebrio molitor* L.). *Insects*, 10, 84.
<https://doi.org/10.3390/insects10040084> (Датум приступа 10. септембар 2025).

Lange, K. and Nakamura, Y. (2021): **Edible insects as future food: chances and challenges**, *Journal of Future Foods*, Volume 1, Issue 1, Pages 38-46, ISSN 2772-5669, <https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2021.10.001>.

Lee, K.P. (2015): **Dietary protein:carbohydrate balance is a critical modulator of lifespan and reproduction in *Drosophila melanogaster*: a test using a chemically defined diet.** *J. Insect Physiol.* 75, 12–19.

Lee, K.P.; Simpson, S.J.; Clissold, F.J.; Brooks, R.; Ballard, J.W.O.; Taylor, P.W.; Soran, N. and Raubenheimer, D. (2008): **Lifespan and reproduction in *Drosophila*: New insights from nutritional geometry**, *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 105 (7) 2498-2503, <https://doi.org/10.1073/pnas.0710787105>

Meyer, S.; Gessner, D.K.; Braune, M.S.; Friedhoff, T.; Most, E.; Höring, M.; Liebisch, G.; Zorn, H.; Eder, K. and Ringseis, R. (2020): **Comprehensive evaluation of the metabolic effects of insect meal from *Tenebrio molitor* L. in growing pigs by transcriptomics, metabolomics and lipidomics.** *J. Anim. Sci. Biotechnol.* , 11, 1–19.

Miglietta, P.; De Leo, F.; Ruberti M. and Massari S. (2015): **Mealworms for food: A water footprint perspective.** *Water*. 7, 6190–6203.

Mlček, J.; Adámek, M.; Adámková, A.; Matyáš, J.; Bučková, M.; Mrázková, M.; Vícha, R.; Vychodil, R.; Knížková, I. and Volek, Z. (2021): **Feed Parameters Influencing the Breeding of Mealworms (*Tenebrio molitor*).** *Sustainability* , 13, 12992. <https://doi.org/10.3390/su132312992>

Morales-Ramos, J.A.; Rojas, M.G.; Shapiro-Ilan, D.I. and Tedders, W.L. (2013): **Use of Nutrient Self-Selection as a Diet Refining Tool in *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae).** *J. Entomol. Sci.* 2013, 48, 206–221.

Morimoto, J. and Wigby, S. (2016): **Differential effects of male nutrient balance on preand post-copulatory traits, and consequences for female reproduction in *Drosophila melanogaster*.** *Sci. Rep.* 6, 27673.

Nowak, V.; Persijn, D.; Rittenschober, D. and Charrondiere, U.R. (2016): **Review of food composition data for edible insects.** *Food Chem*, 193, 39–46.

- Oonincx, D.G. and De Boer, I.J. (2012): **Environmental impact of the production of mealworms as a protein source for humans—a life cycle assessment.** PLoS ONE 2012, 7, e51145.
- Ramos-Elorduy, J.; Gonzales, E.A.; Hernandez, A.R. and Pino, J.M., (2002): **Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to recycle organic wastes as feed for broiler chickens.** Journal of Economic Entomology. 95(1), 214-220.
- Rapkin, J.; Jensen, K.; Lane, S.M.; House, C.M.; Sakaluk, S.K. and Hunt, J. (2016): **Macronutrient intake regulates sexual conflict in decorated crickets.** J. Evol. Biol. 29, 395–406.
- Raubenheimer, D. and Simpson, S.J. (1997): **Integrative models of nutrient balancing: application to insects and vertebrates.** *Nutrition Research Reviews*, 10, 151–179.
- Rho, M.S. and Lee, K.P. (2014): **Geometric analysis of nutrient balancing in the mealworm beetle, *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae).** *J. Insect Physiol.*, 71, 37–45.
- Riberiro, N.; Abelho, M. and Costa, R. (2018): **A Review of the Scientific Literature for Optimal Conditions for Mass Rearing *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae).** Polytechnic Institute of Coimbra, Coimbra College of Agriculture, Bencanta, 3045-601, Coimbra, Portugal J. Entomol. Sci. 53(4): 434–454
- Rumbos, C.I.; Karapanagiotidis, I.T.; Mente, E.; Psoufakis, P. and Athanassiou, G.C. (2020): **Evaluation of various commodities for the development of the yellow mealworm, *Tenebrio molitor*.** *Sci Rep* 10, 11224 <https://doi.org/10.1038/s41598-020-67363-1>
- Selaledi, L.; Mbajjorgu, C.A. and Mabelebele, M. (2019): **The use of yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) as alternative source of protein in poultry diets: a review.** *Tropical Animal Health and Production*, 52, pp.7–15. <https://doi.org/10.1007/s11250-019-02033-7>
- Siemianowska, E.; Kosewska, A.; Aljewicz, M.; Skibniewska, K.; Polak-Juszczak, L.; Jarocki, A. and Jędras, M. (2013): **Larvae of mealworm (*Tenebrio molitor* L.) as European novel food.** *Agric. Sci.*, 4, 287–291.
- Syahrulawal, L.; Torske, M.O.; Sapkota, R.; Naess, G and Khanal, P. (2023): **Improving the nutritional values of yellow mealworm *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae)**

larvae as an animal feed ingredient: a review. *J Animal Sci Biotechnol* 14, 146.
<https://doi.org/10.1186/s40104-023-00945-x>

Urošević, I. M.; Popović, A.; Jajića, I.; Petrović, M.; Krstović, S.; and Samardžić, M. (2019): **The potential and risks of insects usage as animal feed – the legislation in European Union and perspective for Serbia.** LETOPIS NAUČNIH RADOVA / ANNALS OF AGRONOMY Vol. 43, No 1, 46-56, Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Novom Sadu.

Van Broekhoven, S.; Doan, Q.H.T.; Van Huis, A. and Van Loon, J.J.A. (2014): **Exposure of tenebrionid beetle larvae to mycotoxin-contaminated diets and methods to reduce toxin levels.** Proceedings of the Netherlands Entomological Society Meeting. 25, 47-58

Van Broekhoven, S.; Oonincx, D.G.A.B.; van Huis, A. and van Loon, J.J.A. (2015): **Growth performance and feed conversion efficiency of three edible mealworm species (Coleoptera: Tenebrionidae) on diets composed of organic by-products.** *J. Insect Physiol.*, 73, 1–10.

Van Huis, A. (2016): **Edible insects are the future?**, *Proceedings of the Nutrition Society*, 75(3), pp. 294–305. doi:10.1017/S0029665116000069.

Veldkamp, T.; Van Duinkerken, G.; Van Huis, A.; Lakemond, C.M.; Ottevanger, E.; Bosch, G. and Van Boekel, T. (2012): **Insects as a Sustainable Feed Ingredient in Pig and Poultry Diets: A Feasibility Study.** Insecten als Duurzame Diervoedergrondstof in Varkens-en Pluimveevoeders: Een Haalbaarheidsstudie, (No. 638); Wageningen UR Livestock Research: Wageningen, The Netherland.

WHO/FAO. (2007): **Protein and Amino Acid Requirements for Human Nutrition.** World Health Organization/Food and Agricultural Organization of the United Nations, WHO Press, New York, USA

Yoo, J.S.; Cho, K.H.; Hong, J.S.; Jang, H.S.; Chung, Y.H.; Kwon, G.T.; Shin, D.G. and Kim, Y.Y. (2019): **Nutrient ileal digestibility evaluation of dried mealworm (*Tenebrio molitor*) larvae compared to three animal protein by-products in growing pigs.** *Asian - Australas. J. Anim. Sci.*, 32, 387–394.

Група аутора (1972): **Штеточине у складиштима: биологија и сузбијање са основама ускладиштења пољопривредних производа.** Институт за заштиту биљаа, Нови Сад, 130-210.

Јовичић И.; Андрић Г.; Пражић Голић М. и Кљајић П. (2022): **ПРИСУСТВО МАЊЕ ЗНАЧАЈНИХ ВРСТА ШТЕТНИХ ИНСЕКТА У СКЛАДИШТИМА СА КУКУРУЗОМ И ПШЕНИЦОМ У СРБИЈИ**. Биљни лекар. Вол. 50, бр. 5, 353-362.

Штрбац, П. (2002): **Штеточине ускладиштених производа**. Издавач: Пољопривредни факултет, Универзитет у Новом Саду.

<https://entomologytoday.org/wp-content/uploads/2019/03/yellow-mealworm-Tenebrio-molitor-larva.jpg> приступ 15. септембар 2025.