



**УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ**

**Департман за Фитомедицину и заштиту
животне средине**



Вукашин Предојевић

дипл. инж. пољопривреде

**Узгој великог брашнара (*Tenebrio molitor* L.) на супстратима
третираним целулолитичким бактеријама
МАСТЕР РАД**

Нови Сад, 2026.



**УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ**

**Департман за Фитомедицину и заштиту
животне средине**



Кандидат
Букашин Предојевић

Ментор
Проф. др Милош Петровић

**Узгој великог брашнара (*Tenebrio molitor* L.) на супстратима
третираним целулолитичким бактеријама**

МАСТЕР РАД

Нови Сад, 2026.

КОМИСИЈА ЗА ОЦЕНУ И ОДБРАНУ МАСТЕР РАДА

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

др Драгана Стаменов, члан комисије
ванредни професор
ужа н.о. Микробиологија
Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет

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

САДРЖАЈ

1. УВОД.....	1
1.1 МОРФОЛОГИЈА И БИОЛОГИЈА ВРСТЕ <i>TENEbrio MOLITOR</i> L.....	4
1.2 УПОТРЕБА ИНСЕКТА У ИСХРАНИ ЉУДИ И ЖИВОТИЊА.....	6
1.3 РЕЖИМ ИСХРАНЕ ВЕЛИКОГ БРАШНАРА.....	8
УПОТРЕБА МИКРООРГАНИЗАМА У ДОРАДИ ХРАНЕ	9
2. ЦИЉ РАДА	10
3. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД.....	11
ПРИПРЕМА ОГЛЕДА.....	11
ПОСТАВЉАЊЕ ОГЛЕДА.....	13
ОЦЕНА ОГЛЕДА.....	15
СТАТИСТИЧКА ОБРАДА ПОДАТАКА.....	16
4. РЕЗУЛТАТИ	17
5. ДИСКУСИЈА	33
6. ЗАКЉУЧАК	35
7. ЛИТЕРАТУРА	37

Узгој великог брашнара (*Tenebrio molitor* L.) на супстратима третираним целулолитичким бактеријама

Вукашин Предојевић

САЖЕТАК

Велики брашнар (*Tenebrio molitor* L.), врста инсекта која је првенствено представљала значајну штеточину у складиштима, силосима и млиновима, од недавно је препозната као потенцијална храна за људе и животиње. Циљ овог рада био је да се истражи утицај различитих трајања периода инкубације хранива третираних целулолитичким бактеријама рода *Bacillus* на развој ларви врсте *T. molitor*. У анализираним узорцима врста супстрата, примењени сој бактерије и дужина инкубације били су повезани са разликама у бројности и маси ларви. Највећа просечна маса ларви по понављању забележена је на пшеничним мекињама третираним сојевима *Bacillus* 2 и 3 после 14 дана инкубације, док је најмања бројност и маса забележена на DDGS-у третираном сојем *Bacillus* 1 после 21 дана инкубације. Добијени резултати оправдавају даље испитивање микробиолошког предtretмана хране, уз нетретирану контролу и проверу активности примењених сојева.

Кључне речи: велики брашнар, целулолитичке бактерије, пшеничне мекиње, сува цибра, сунцокретова сачма

Rearing of the yellow mealworm (*Tenebrio molitor* L.) on substrates treated with cellulolytic bacteria

Vukašin Predojević

SUMMARY

Yellow mealworm (*Tenebrio molitor* L.), an insect species that was primarily regarded as a major pest in storage facilities, silos, and mills, has recently been recognized as a potential source of food for both humans and animals. The aim of this study was to investigate the effects of different incubation periods of feed substrates treated with cellulolytic bacteria of the genus *Bacillus* on the development of *T. molitor* larvae. The results showed that the type of substrate, the applied bacterial strain, and the incubation duration were associated with differences in larval abundance and mass. The highest mean larval mass per replicate was recorded on wheat bran treated with *Bacillus* strains 2 and 3 after 14 days of incubation, whereas the lowest larval count and mass were recorded on dried distillers' grains treated with *Bacillus* strain 1 after 21 days of incubation. These findings warrant further tests with untreated controls and verified cellulolytic activity before any improvement in feed processing or larval production can be attributed to the bacterial treatment.

Key words: Yellow mealworm (*Tenebrio molitor* L.), cellulolytic bacteria, wheat bran, dried distillers' grains, sunflower meal.

1. УВОД

Групи секундарних штеточина, које се хране на претходно оштећеним зрнима или различитим прерађевинама, припада врста *Tenebrio molitor* – велики брашнар (Coleoptera, Tenebrionidae) (Štrbac, 2002). Врста може оштећивати мекиње, производе од овса, јечма и ражи и кондиторске производе. (Van Broekhoven *et al.*, 2014). Ларве *T. molitor* имају добру нутритивну вредност са високим садржајем протеина и масних киселина, а њихов нутритивни састав је предмет више истраживања (Nowak *et al.*, 2016; Jin *et al.*, 2016; Yoo *et al.*, 2019). Утврђено је да ларве *T. molitor* претежно садрже сирове протеине (55,83%) и сирове масти (25,19%), као и низак садржај екстракта без азота у сувој материји. Поред ових компоненти висок је садржај полинезасићених масних киселина, добар су извор цинка и магнезијума, док је садржај калцијума низак (Јајић *et al.*, 2019). Ларве великог брашнара могу се дефинисати и као добар извор ниацина, пиридоксина, рибофлавина, фолата и витамина В12 (Nowak *et al.*, 2016). Упоредне оцене нутритивног профила инсеката и мяса зависе од примењених критеријума и испитиваних врста (Payne *et al.*, 2016).

У источним културама, инсекти су део људске исхране вековима, док је у Европи интересовање за такву храну почело да расте у последње време, углавном као храна за животиње. Идеја о коришћењу инсеката као хране за животиње долази као резултат сталног повећања популације, а самим тим и све веће потражње за обрадивим земљиштем које би се користило за производњу хране за животиње (Godfray *et al.*, 2010). Инсекти се разматрају као алтернативни извор протеина у храни за животиње (Bovera *et al.*, 2015).

Према пројекцији ФАО из 2009. године, глобална пољопривредна производња требало би да порасте за око 70% до 2050. године (FAO, 2009). Економска вредност инсеката је веома порасла, посебно у Европи. Потенцијал инсеката као хране и хранива разматран је у публикацији Halloran и Vantomme (2013), док су питања нутритивне вредности и безбедности обрађена у раду Imathiu (2019). Као резултат тога, неке врсте

као што је велики брашнара (*T. molitor*), које су се раније сматрале штеточинама, сада су препознате као производи високе вредности за храну и храну за животиње (Tomberlin *et al.*, 2015). Јестиви инсекти су истражени као алтернатива фармским животињама, а њихова употреба се подстиче због могућности да се у одређеним условима смањи коришћење ресурса у току њиховог узгоја. Производња инсеката сматра се одрживијом од сточарске производње из следећих разлога: мања је емисија гасова стаклене баште и амонијака, мања је употреба земљишта, ефикаснија је конверзија хране и могу се узгајати на органским нуспроизводима (Ooninx и De Boer, 2012; Van Huis, 2015).

Последњих година инсекти се све више организовано гаје и с тим у вези потребно је пронаћи хранива која су доброг нутритивног профила али без алергених и токсичних одлика (Lange *et al.*, 2021). Како би се оптимизовао узгој великог брашнара и смањили трошкови, потребно је добро познавати садржај хранива на којима се инсекти узгајају. Познато је да садржај протеина и угљених хидрата, као и њихов однос у хранивима, директно утиче на развиће инсеката, њихов опстанак и нутритивни састав.

Иако се у комерцијалном узгоју великог брашнара најчешће користе споредни производи млинске индустрије, пре свега мекиње и смеше брашна различитих житарица, оваква хранива имају значајну примену и у исхрани домаћих животиња, што доводи до конкуренције између индустрије узгоја инсеката и традиционалног сточарства за исте ресурсе (Lienhard *et al.*, 2023). Из тог разлога, све већа пажња усмерена је ка употреби алтернативних пољопривредних нуспроизвода и остатака прехранбене индустрије, као што су остаци од производње хлеба, кукурузна силажа и други материјали мале економске вредности, чијом би се употребом могли смањити трошкови производње инсеката (Fondevila *et al.*, 2024).

Међутим, овакве сировине најчешће садрже веће количине сирових влакана и целулозе у поређењу са конвенционалним супстратима, што може негативно утицати на раст и развиће ларви, као и на њихов нутритивни састав (Vrontaki *et al.*, 2024). Целулоза представља сложен структурни полисахарид чија разградња захтева деловање специфичних ензима. Ларве великог брашнара поседују ограничену сопствену способност разградње целулозе, док значајну улогу у искоришћавању влакана има цревна микробиота, која учествује у разградњи и усвајању сложених органских једињења из хране.

Као једно од могућих решења овог проблема, последњих година изучава се предtretман лигноцелулозних супстрата целулолитичким микроорганизмима. Утврђено је да поједине бактерије, нарочито представници рода *Bacillus*, производе екстрацелуларне енземе способне за разградњу целулозе и хемицелулозе (Dag et al., 2022). Поједини микробиолошки предtretмани могу разградити делове лигноцелулозне структуре (Malik and Javed, 2021). На тај начин биљни материјали богати целулозом, који су иначе ограничене употребне вредности у узгоју инсеката, могу постати погодни супстрати за одрживу производњу ларви великог брашнара.

Различите врсте инсеката су идентификоване као одрживије компоненте сточне хране због њихове способности да претворе отпад или нуспроизводе у биомасу богату протеинима и другим вредним хранљивим материјама (Khanal et al., 2023). EFSA је 2021. објавила позитивну научну оцену безбедности сушених ларви великог брашнара као нове хране за људе у предвиђеним условима употребе (EFSA NDA Panel, 2021).

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 (Kröncke и Benning, 2023). Бројна истраживања за циљ имају проналазак хранива са идеалним односом протеина и енергије где се прати динамика популације великог брашнара која симулира узгој у масовним системима.

1.1 МОРФОЛОГИЈА И БИОЛОГИЈА ВРСТЕ *TENEBRIO MOLITOR* L.

Велики брашнар (*Tenebrio molitor* L.) спада у групу секундарних штеточина и храни се оштећеним семеном житарица и њиховим прерађевинама попут брашна, мекиња, сточне хране и сл. те се често може пронаћи у складиштима, силосима, млиновима или у погонима за производњу и прераду хране. Космополитска је врста и углавном се може наћи на тамнијим или скривенијим местима. Поред директних штета које настају због исхране имага или ларви, индиректне штете настају услед контаминације производа изметом, кошуљицама и деловима тела (Штрбац, 2002).

Велики брашнар је једна од највећих врста које праве штете у складиштима. Тело одраслог инсекта је дугачко између 12 и 17 mm. Глава, вратни штит и елитре су црне боје са металним сјајем, док су абдомен и ноге црносмеђе боје. Главени регион је ужи од вратног штита, чије су бочне ивице угласто проширене према напред. Вратни штит и елитре су густо тачкасто избраздане по целој површини (Morales-Ramos et al., 2010).



Слика 1. Изглед имага великог брашнара. (Извор: <https://pngtree.com/freepng/tenebrio-molitor-linnaeus-1758mealworm-beetle-showcased-on-a> 13417180.html)

Женка положи око 500 јаја која су млечно беле боје, дугачка око 1,5 mm. Након пиљења ларве су дуге око 2 mm, а пред улуткавање могу нарасти до 3 cm дужине. Током ларвеног развића пролазе од 9 до 23 ступња, а сама брзина ларвеног развића и број ступњева зависе од врсте, количине и квалитета хране и температуре средине у којој се развијају. Боја тела ларви је светложута са смеђим прстеновима (Слика 2) и може варирати у зависности од хране и услова развоја (Morales-Ramos et al., 2010).



Слика 2. Ларва великог брашнара. (Извор: <https://www.dreamstime.com/royalty-free-stock-images-larva-mealworm-tenebrio-molitor-image6004989>)

Лутка (Слика 3) је беле боје, дужине између 14 и 20 mm и овај стадијум развића може трајати од 5 до 28 дана на 18°C. Живот имага траје 2 до 3 месеца. Има 1 до 2 генерације годишње, а у лабораторијским условима може формирати до 4 генерације (Штрбац, 2002; Ghaly and Alkoaik, 2009).



Слика 3. Стадијум лутке великог брашнара. (Извор: <https://www.alamy.com/pupa-of-darkling-beetle-tenebrio-molitor-from-side-on-white-background-image574381214.html>)

1.2 УПОТРЕБА ИНСЕКТА У ИСХРАНИ ЉУДИ И ЖИВОТИЊА

У свету је познато више од 2000 инсекатских врста које се сматрају јестивим. Најзаступљеније су врсте из реда Coleoptera (31% јестивих врста), затим Lepidoptera – гусенице (18%), Hymenoptera (14%), Orthoptera (13%), Hemiptera (10%), Odonata (3%), Isoptera (3%), Diptera (2%) и остали (6%). Међутим, број врста које се користе у сточарству за исхрану или као састојак хране је много мањи, свега 24 и припадају 6 различитих редова (Blattodea, Coleoptera, Diptera, Isoptera, Lepidoptera и Orthoptera). Заступљеност различитих родова у исхрани стоке знатно је другачија у односу на оне који се користе у људској исхрани. Ред Diptera има удео од 48%, Lepidoptera 29%, а ред Coleoptera само 9% (Jongema, 2017). Најчешће се масовно узгајају ларве *Hermetia illucens*, *Tenebrio molitor* и *Alphitobius diaperinus*, док се попци и скакавци користе за исхрану кућних љубимаца и животиња у зоолошким вртovima (Derrien i Boccuni, 2018).

Предности производње инсеката у односу на конвенционално сточарство (Halloran and Vantomme, 2013):

- Инсекти имају високу ефикасност конверзије хране. Просечно треба око 2 kg хране за добијање 1 kg масе инсеката, док је за добијање исте масе код говеда потребно око 8 kg хране;
- Производња гасова стаклене баште је нижа него у конвенционалном сточарству. Брашнари производе 10 до 100 пута мање гасова стаклене баште по kg телесне масе него свиње;
- Могу се хранити биолошким отпадом чиме га трансформишу у висококвалитетне протеине погодне за коришћење у исхрани стоке;
- За производњу инсеката потребно је значајно мање воде него у конвенционалном сточарству;

- Инсекти захтевају много мање земљишта, јер се узгајају у контејнерима наслаганим један на други;
- Богати су влакнима и микроелементима попут бакра, гвожђа, магнезијума, селена, мангана, фосфора и цинка.

1.3 РЕЖИМ ИСХРАНЕ ВЕЛИКОГ БРАШНАРА

На нутритивне вредности ларви брашнара у великој мери утиче врста њихове исхране (Toviho and Bársony, 2022; Jajić и сар., 2022; Mancini et al., 2019). Студије показују да пољопривредни нуспроизводи као што су пшеничне мекиње, међу различитим супстратима, могу бити важан ресурс исхране за ларве брашнара. Пшеничне мекиње или нуспроизводи од пшенице богати су протеинима, влакнима и растворљивим угљеним хидратима и могу позитивно утицати на раст и развој брашнара (Rumbos et al., 2020). Садржај протеина у ларвама које су храњене пшеничним мекињама кретао се између 45,6%–71,2% суве масе, док је садржај масти био 19,3%–31,6% суве масе (Costa et al., 2020; Jajić и сар., 2022). Садржај влакана у зрну пшенице креће се од 11,6% до 12,7% суве масе (Carson and Edwards, 2009), док је количина влакана присутних у мекињама 46%, од чега арабиноксилан, целулоза и бета-глюкан чине 70%, 24% и 6% (Maes and Delcour, 2002).

Сунцокретава сачма, важан нуспроизвод добијен након екстракције уља из семена сунцокрета, користи се као извор протеина у исхрани животиња. Количина и хемијски састав сунцокретевог сачме зависи од сорте, начина обраде, ефикасности екстракције уља и степена љуштења или кортикације. У нашој земљи, садржај сирових протеина у конвенционалној сунцокретој сачми обично варира између 33% и 37%. Одговарајући садржај сирових влакана је у распону између 18% и 23%. Сачма садржи делове језгра и љуске, чији однос зависи од начина производње (Delić и сар., 1992; Lević и сар., 1992).

Алтернативно гориво - биоетанол се углавном производи од скробних делова зрна кукуруза, остављајући значајне количине вредних нуспроизвода као што је кукурузна цибра (енглески Dried Distillers Grains with Solubles, DDGS), која се може користити као замена за традиционалну сточну храну (Radosavljević и Milašinović, 2008). Недавни пораст производње биогорива, посебно процеса сувог млевења кукуруза у етанол, ствара значајне залихе његовог нуспроизвода (Liu et al., 2011). Због високог садржаја

нутритивних компоненти, посебно протеина и целулозе која чини 16% суве масе, DDGS се продаје као сточна храна (Kim *et al.*, 2008).

Брашнари се такође могу хранити разним биолошким отпадом, укључујући воће, поврће и житарице. Коришћење таквог биоотпада може помоћи у смањењу органског отпада и обезбедити брашнарима одрживу исхрану. Иако органски отпад може имати ниже концентрације хранљивих материја у поређењу са пшеничним мекињама, он може помоћи у постизању нормалног или чак већег садржаја протеина (~46% суве масе) и масти (~43% суве масе) у ларвама (Harsányi *et al.*, 2020).

Пошто је супстрат за узгој критична компонента која утиче на раст и нутритивну вредност ларви великог брашнара, неопходно је идентификовати, проценити и користити нове и алтернативне ресурсе исхране за исхрану брашнарима заједно са традиционалним супстратима (Syahrulawal *et al.*, 2023).

УПОТРЕБА МИКРООРГАНИЗАМА У ДОРАДИ ХРАНЕ

Целулоза, најзаступљенији органски извор хране, горива и хемикалија, састоји се од глюкозних јединица повезаних β -1,4-гликозидним везама у линеарном ланцу (Heck *et al.*, 2002).

Целулазе су сложени ензимски системи који хидролизују β -1,4 гликозидне везе у целулози да би ослободили глюкозне јединице (Nishida *et al.*, 2007). Целулолитички ензими потребни за хидролизу целулозе укључују ендоглуканазе (CMCase), егзоглуканазе (FPase) и β -глюкозидазе (целобијаза) (Matsui *et al.*, 2000). У тренутним индустријским процесима, целулолитички ензими имају много корисних примена у текстилној, папирној, индустрији детерџената и повећавају ефикасност коришћења биљних материјала у производњи сточне хране (Dienes *et al.*, 2004; Duan *et al.*, 2004).

Производе их гљивице, бактерије или актиномицете. Међу бактеријама, врсте из рода *Bacillus* могу да произведу неколико екстрацелуларних ензима који хидролизују полисахариде, укључујући целулазу (Heck *et al.*, 2002). Додавање егзогенних ензима (фитаза, хемицелулаза, целулаза, пектиназа, протеаза, липаза, β -глюканаза итд.) нуди низ креативних могућности за разградњу и „ослобађање“ ових хранљивих материја, њихово лакше варење и апсорпцију, а самим тим и развој нових нутритивних стандарда и формулација нових дијета (Acamovic, 2001).

2. ЦИЉ РАДА

Услед континуираног раста светске популације и све веће потребе за протеинима анималног порекла, јавља се потреба за проналажењем алтернативних извора протеина, како у исхрани људи, тако и у исхрани животиња. Јестиви инсекти, захваљујући свом богатом нутритивном саставу, представљају један од значајних алтернативних извора протеина. Савремена истраживања све више су усмерена на испитивање оптималних услова гајења и одговарајућих хранива за развој инсеката, са циљем побољшања њиховог нутритивног састава и скраћења времена развоја.

Циљ рада био је да се у испитиваним варијантама упореде број и маса ларви *T. molitor* на три супстрата третирана различитим сојевима рода *Bacillus* после 7, 14 и 21 дана инкубације хранива.

3. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД

Оглед је започет 12. јануара 2026. године у Лабораторији за ентомологију, департман за фитомедицину и заштиту животне средине, на Пољопривредном факултету у Новом Саду.

ПРИПРЕМА ОГЛЕДА

Одмерено је 300 g основне хране за инсекте (пшеничне мекиње, сунцокретова сачма и DDGS) на коју је засејана бактеријска култура од три соја рода *Bacillus* (Слика 4). На сваких 300 g хранива нането је 20 mL микробиолошке суспензије концентрације 2×10^7 CFU/mL. Сојеви бактерија коришћени у истраживању потичу из колекције Лабораторије за фитопатологију и микробиологију Пољопривредног факултета у Новом Саду:

1. *Bacillus* сој ЧБ4 (у даљем тексту *Bacillus* 1)
2. *Bacillus* сој ЧБ7 (у даљем тексту *Bacillus* 2)
3. *Bacillus* сој АБ02 (у даљем тексту *Bacillus* 3)

Од наведених сојева направљене су микробиолошке суспензије којима су третиране три врсте хранива, што је дало укупно 9 комбинација:

1. *Bacillus* 1 пшеничне мекиње
2. *Bacillus* 1 сунцокретова сачма
3. *Bacillus* 1 DDGS
4. *Bacillus* 2 пшеничне мекиње
5. *Bacillus* 2 сунцокретова сачма
6. *Bacillus* 2 DDGS
7. *Bacillus* 3 пшеничне мекиње
8. *Bacillus* 3 сунцокретова сачма
9. *Bacillus* 3 DDGS

Оглед је постављен без контролне варијанте. Према опису огледа, за сваку комбинацију супстрата и соја припремљена је по једна кеса од 300 g за сваки од три

периода инкубације. Засејана храна је пребачена у најлонску кесу (Слика 5), овлажена са 5 ml воде, добро промешана, завезана са доста ваздуха у кеси и постављена на инкубацију у клима комору. Унутар клима коморе микроклиматски услови били су константни, тј. 26 °C и 55% релативне влажности ваздуха. Кесе са материјалом су унапред обележене и подељене у три групе:

1. храна са инкубационим периодом од 7 дана;
2. храна са инкубационим периодом од 14 дана и
3. храна са инкубационим периодом од 21 дан.

Кесе из друге и треће групе отварање су после 7 дана инкубације и овлажене са 5 ml воде помоћу распрскивача, завезане и враћене на инкубацију. Исти процес је поновљен са кесама из треће групе након 14 дана инкубације.



Слика 4. Прављење микробиолошке суспензије. (Извор: Оригинал)



Слика 5. Храна засејана микроорганизмима у најлонским кесама. (Извор: оригинал)

ПОСТАВЉАЊЕ ОГЛЕДА

Инсекти коришћени за спровођење огледа део су вишегодишње популације узгајане у Лабораторији за ентомологију.

Након инкубационог периода од 7 дана кесе у којима је било 300 g хране су извађене из клима коморе, одмерено је 4 пута по 50 g хране из сваке кесе у пластичне чиније запремине 1,5 l. Из сваке кесе одмерена су четири узорка од по 50 g. Пошто потичу из исте кесе, то су подузорци једног третмана. У чиније је убачено 25 имага великог брашнара и залепљене су одговарајуће ознаке (Слика 6). Чиније су имале следеће ознаке:

1. *Bacillus* 1 пшеничне мекиње 7 дана понављање 1-4;
2. *Bacillus* 1 сунцокретова сачма 7 дана понављање 1-4;
3. *Bacillus* 1 DDGS 7 дана понављање 1-4;
4. *Bacillus* 2 пшеничне мекиње 7 дана понављање 1-4;
5. *Bacillus* 2 сунцокретова сачма 7 дана понављање 1-4;
6. *Bacillus* 2 DDGS 7 дана понављање 1-4;
7. *Bacillus* 3 пшеничне мекиње 7 дана понављање 1-4;
8. *Bacillus* 3 сунцокретова сачма 7 дана понављање 1-4 и

9. *Bacillus* 3 DDGS 7 дана понављање 1-4.

Након одмеравања хране, стављања имага у чиније и њиховог означавања, чиније су постављене у клима комору, на исте микроклиматске услове као за инкубацију, у периоду од 65 дана. Током тог периода, у сваку чинију додавани су комади мркве или 2 g агара три пута недељно.

Исти поступак одрађен је након инкубационог периода од 14 и 21 дана. Чиније у којима се налазила храна која је инкубирана 14 дана означене су на следећи начин:

1. *Bacillus* 1 пшеничне мекиње 14 дана понављање 1-4;
2. *Bacillus* 1 сунцокретова сачма 14 дана понављање 1-4;
3. *Bacillus* 1 DDGS 14 дана понављање 1-4;
4. *Bacillus* 2 пшеничне мекиње 14 дана понављање 1-4;
5. *Bacillus* 2 сунцокретова сачма 14 дана понављање 1-4;
6. *Bacillus* 2 DDGS 14 дана понављање 1-4;
7. *Bacillus* 3 пшеничне мекиње 14 дана понављање 1-4;
8. *Bacillus* 3 сунцокретова сачма 14 дана понављање 1-4;
9. *Bacillus* 3 DDGS 14 дана понављање 1-4,

док су чиније које су садржале храну која је инкубирана 21 дана биле означене:

1. *Bacillus* 1 пшеничне мекиње 21 дан понављање 1-4;
2. *Bacillus* 1 сунцокретова сачма 21 дан понављање 1-4;
3. *Bacillus* 1 DDGS 21 дан понављање 1-4;
4. *Bacillus* 2 пшеничне мекиње 21 дан понављање 1-4;
5. *Bacillus* 2 сунцокретова сачма 21 дан понављање 1-4;
6. *Bacillus* 2 DDGS 21 дан понављање 1-4;
7. *Bacillus* 3 пшеничне мекиње 21 дан понављање 1-4;
8. *Bacillus* 3 сунцокретова сачма 21 дан понављање 1-4 и
9. *Bacillus* 3 DDGS 21 дан понављање 1-4.



Слика 6. Одмеравање хране за инсекте. (Извор: оригинал)

ОЦЕНА ОГЛЕДА

После 65 дана од постављања чинија у клима комору вршило се просејавање фраса, бројање преживелих и уинулих имага, а затим бројање и мерење масе ларви. Ларве су издвајане помоћу пинцете у Петријеве посуде (Слика 7) и бројане су помоћу бројача.



Слика 7. Издвојене ларве у Петри посуди. (Извор: оригинал)

СТАТИСТИЧКА ОБРАДА ПОДАТАКА

За број и масу ларви израчунате су трофакторске ANOVA и Tukey HSD поређења у програму JASP v.0.97.1. Подаци су приказани табеларно и графички. Приказује се број одраслих јединки (живих и мртвих), број и маса ларви са средњом вредношћу и стандардном девијацијом.

4. РЕЗУЛТАТИ

Број преживелих и уинулих имага, као и број ларви и њихова маса након оцне огледа представљени су у табелама 1, 2 и 3. У делу огледа где је коришћена храна која је инкубирана 7 дана након засејавања микроорганизмима највећа стопа преживљавања забележена је код *Bacillus* 2 DDGS 7 дана понављања 1 и 2 (20 преживелих имага), док је највећи морталитет забележен код *Bacillus* 3 сунцокретоа сачма 7 дана понављања 2 и 4 (24 уинула имага). Највише ларви избројано је код *Bacillus* 3 пшеничне мекиње 7 дана понављања 2 и 4 (1277 и 1280 ларви), а најмање код *Bacillus* 1 пшеничне мекиње 7 дана понављања 4 (196 ларви). Највећи збир маса ларви за четири понављања забележен је код комбинације *Bacillus* 3 и пшеничне мекиње (81,8146 g). Просечна маса по понављању износи $20,4537 \pm 1,3303$ g. Супротно томе, најмања маса измерена је код *Bacillus* 1 DDGS (4,0703 g) са просечном масом од $1,0176 \pm 0,2689$ g.

Табела 1. Оцена огледа након 65 дана развића на храни која је инкубирана 7 дана.

Понављање	Број живих имага	Број мртвих имага	Број ларви	Маса ларви (g)	Укупна маса ларви (g)	Просечна маса ларви у понављању (g)	Ст. дев.
<i>Bacillus</i> 1 пш. м. 7 д. пон. 1	15	10	371	9,7176	31,2009	7,8002	1,463261
<i>Bacillus</i> 1 пш. м. 7 д. пон. 2	11	14	253	7,9812			
<i>Bacillus</i> 1 пш. м. 7 д. пон. 3	11	14	329	7,2574			
<i>Bacillus</i> 1 пш. м. 7 д. пон. 4	10	15	196	6,2447			
<i>Bacillus</i> 1 с. с. 7 д. пон. 1	7	18	398	5,1281	21,6796	5,4199	0,426417

<i>Bacillus</i> 1 с. с. 7 д. пош. 2	13	12	405	5,9925			
<i>Bacillus</i> 1 с. с. 7 д. пош. 3	3	22	320	5,4952			
<i>Bacillus</i> 1 с. с. 7 д. пош. 4	8	17	273	5,0638			
<i>Bacillus</i> 1 DDGS 7 д. пош. 1	14	11	287	0,9447	4,0703	1,0176	0,268937
<i>Bacillus</i> 1 DDGS 7 д. пош. 2	11	14	421	1,4015			
<i>Bacillus</i> 1 DDGS 7 д. пош. 3	16	9	458	0,9512			
<i>Bacillus</i> 1 DDGS 7 д. пош. 4	15	10	233	0,7729			
<i>Bacillus</i> 2 пш. м. 7 д. пош. 1	16	9	870	19,4420	80,5353	20,1338	1,353835
<i>Bacillus</i> 2 пш. м. 7 д. пош. 2	9	16	1120	19,5844			
<i>Bacillus</i> 2 пш. м. 7 д. пош. 3	10	15	1100	19,3495			
<i>Bacillus</i> 2 пш. м. 7 д. пош. 4	10	15	752	22,1594			
<i>Bacillus</i> 2 с. с. 7 д. пош. 1	9	16	509	6,3210	26,6050	6,6513	1,47757
<i>Bacillus</i> 2 с. с. 7 д. пош. 2	6	19	551	8,6331			
<i>Bacillus</i> 2 с. с. 7 д. пош. 3	10	15	484	6,5834			
<i>Bacillus</i> 2 с. с. 7 д. пош. 4	6	19	320	5,0675			
<i>Bacillus</i> 2 DDGS 7 д. пош. 1	20	5	597	6,3143	30,9202	7,7301	1,25973

<i>Bacillus</i> 2 DDGS 7 д. пон. 2	20	5	791	9,3684			
<i>Bacillus</i> 2 DDGS 7 д. пон. 3	15	10	607	7,7728			
<i>Bacillus</i> 2 DDGS 7 д. пон. 4	13	12	756	7,4647			
<i>Bacillus</i> 3 пш. м. 7 д. пон. 1	5	20	853	20,4659	81,8146	20,4537	1,33033
<i>Bacillus</i> 3 пш. м. 7 д. пон. 2	10	15	1277	20,6506			
<i>Bacillus</i> 3 пш. м. 7 д. пон. 3	16	9	723	18,7291			
<i>Bacillus</i> 3 пш. м. 7 д. пон. 4	9	16	1280	21,9690			
<i>Bacillus</i> 3 с. с. 7 д. пон. 1	2	23	701	12,9932	49,6054	12,4014	0,96669
<i>Bacillus</i> 3 с. с. 7 д. пон. 2	1	24	706	12,8799			
<i>Bacillus</i> 3 с. с. 7 д. пон. 3	4	21	437	10,9575			
<i>Bacillus</i> 3 с. с. 7 д. пон. 4	1	24	522	12,7748			
<i>Bacillus</i> 3 DDGS 7 д. пон. 1	19	6	497	5,4922	27,3675	6,8419	2,46444
<i>Bacillus</i> 3 DDGS 7 д. пон. 2	15	10	629	6,5302			
<i>Bacillus</i> 3 DDGS 7 д. пон. 3	16	9	893	10,4040			
<i>Bacillus</i> 3 DDGS 7 д. пон. 4	16	9	489	4,9411			

пш. м. – пшеничне мекиње; с. с. – сунцокретова сачма; пон. – понављање; Ст. дев. – стандардна девијација

На храни која је инкубирана 14 дана највише преживелих имага избројано је код *Bacillus* 1 DDGS 14 дана понављање 2 (21 имаго), а највише угинулих било је у *Bacillus* 2 сунцокретова сачма 14 дана понављања 1 и 4 (22 угинула имага). *Bacillus* 2 DDGS 14 дана понављање 3 садржало је највише ларви (1372), што је уједно и највећа забележена бројност ларви у целом огледу, док је најмања бројност ларви на храни која је инкубирана 14 дана забележена код *Bacillus* 1 сунцокретова сачма 14 дана понављање 1 (282 ларве). Највећи збир маса ларви у целом огледу, 83,7679 g, забележен је код комбинације *Bacillus* 3 и пшеничних мекиња после 14 дана инкубације, средња вредност по чинији била је $20,9420 \pm 0,7621$ g. Мало мања маса (83,1726 g) измерена је код *Bacillus* 2 пшеничне мекиње 14 дана. Најмања укупна маса ларви забележена је код *Bacillus* 1 суве џибре (DDGS), она износи 21,4548 g (просечна маса ларви по понављању је $5,3637 \pm 0,59183$ g).

Резултати оцене огледа након инкубације хране у периоду од 14 дана и додатне инкубације тестираних инсеката у трајању од 65 дана приказани су у Табели 2.

Табела 2. Оцена огледа након 65 дана развића на храни која је инкубирана 14 дана.

Понављање	Број живих имага	Број мртвих имага	Број ларви	Маса ларви (g)	Укупна маса ларви (g)	Просечна маса ларви у понављању (g)	Ст. дев.
<i>Bacillus</i> 1 пш. м. 14 д. пон. 1	16	9	1061	18,4591	63,453	15,8633	1,75861
<i>Bacillus</i> 1 пш. м. 14 д. пон. 2	10	15	551	14,7468			
<i>Bacillus</i> 1 пш. м. 14 д. пон. 3	15	10	572	14,8082			
<i>Bacillus</i> 1 пш. м. 14 д. пон. 4	15	10	780	15,4389			
<i>Bacillus</i> 1 с. с. 14 д. пон. 1	6	19	282	11,5184	57,8548	14,4637	2,67
<i>Bacillus</i> 1 с. с. 14 д. пон. 2	7	18	473	14,9673			

<i>Bacillus</i> 1 с. с. 14 д. пош. 3	9	16	378	13,5077			
<i>Bacillus</i> 1 с. с. 14 д. пош. 4	8	17	756	17,8614			
<i>Bacillus</i> 1 DDGS 14 д. пош. 1	11	14	942	5,1866	21,4548	5,3637	0,59183
<i>Bacillus</i> 1 DDGS 14 д. пош. 2	21	4	1019	6,2078			
<i>Bacillus</i> 1 DDGS 14 д. пош. 3	14	11	702	5,2357			
<i>Bacillus</i> 1 DDGS 14 д. пош. 4	16	9	742	4,8247			
<i>Bacillus</i> 2 пш. м. 14 д. пош. 1	13	12	530	19,6577	83,1726	20,7932	1,40071
<i>Bacillus</i> 2 пш. м. 14 д. пош. 2	13	12	796	22,1965			
<i>Bacillus</i> 2 пш. м. 14 д. пош. 3	14	11	759	19,5209			
<i>Bacillus</i> 2 пш. м. 14 д. пош. 4	15	10	851	21,7975			
<i>Bacillus</i> 2 с. с. 14 д. пош. 1	3	22	827	16,4596	64,1041	16,026	0,51884
<i>Bacillus</i> 2 с. с. 14 д. пош. 2	5	20	496	15,7833			
<i>Bacillus</i> 2 с. с. 14 д. пош. 3	9	16	645	16,4514			
<i>Bacillus</i> 2 с. с. 14 д. пош. 4	3	22	772	15,4098			
<i>Bacillus</i> 2 DDGS 14 д. пош. 1	16	9	1048	13,1316	48,3864	12,0966	2,6942
<i>Bacillus</i> 2 DDGS 14 д. пош. 2	16	9	996	15,0031			

<i>Bacillus 2</i> DDGS 14 д. пон. 3	19	6	1372	11,6241			
<i>Bacillus 2</i> DDGS 14 д. пон. 4	18	7	832	8,6276			
<i>Bacillus 3</i> пш. м. 14 д. пон. 1	5	20	1290	21,7099	83,7679	20,9420	0,76211
<i>Bacillus 3</i> пш. м. 14 д. пон. 2	9	16	876	20,1937			
<i>Bacillus 3</i> пш. м. 14 д. пон. 3	13	12	1190	20,3878			
<i>Bacillus 3</i> пш. м. 14 д. пон. 4	12	13	1098	21,4765			
<i>Bacillus 3</i> с. с. 14 д. пон. 1	9	16	593	15,6883			
<i>Bacillus 3</i> с. с. 14 д. пон. 2	4	21	699	15,2942	57,4489	14,3622	1,97903
<i>Bacillus 3</i> с. с. 14 д. пон. 3	15	10	378	11,4203			
<i>Bacillus 3</i> с. с. 14 д. пон. 4	4	21	693	15,0461			
<i>Bacillus 3</i> DDGS 14 д. пон. 1	14	11	818	12,7707			
<i>Bacillus 3</i> DDGS 14 д. пон. 2	15	10	960	10,7648	51,0456	12,7614	1,65719
<i>Bacillus 3</i> DDGS 14 д. пон. 3	15	10	870	12,6879			
<i>Bacillus 3</i> DDGS 14 д. пон. 4	12	13	1161	14,8222			

пш. м. – пшеничне мекиње; с. с. – сунцокретова сачма; пон. – понављање; Ст. дев. – стандардна девијација

На последњем делу оцењивања огледа добијени су занимљиви подаци. Највише преживелих имага било је само 17 (*Bacillus 3* DDGS 21 дан понављање 2), а у много

понављања забележено је мање од 10. Највећи морталитет износи 23 имага и избројан је у понављањима *Bacillus* 2 пшеничне мекиње 21 дан понављање 2 и *Bacillus* 2 сунцокретава сачма 21 дан понављање 4. Највећа бројност ларви избројана је код *Bacillus* 2 пшеничне мекиње 21 дан понављања 2 и 4 (1261 и 1244). Изузетно низак број ларви забележен је код *Bacillus* 1 DDGS 21 дан понављања 1-4 (39, 0, 13, 3), *Bacillus* 2 DDGS 21 дан понављање 2 (0), *Bacillus* 3 DDGS 21 дан понављање 3 (87) и код *Bacillus* 1 сунцокретава сачма 21 дан понављање 2 (39). Сходно претходно наведеном, најмања укупна маса ларви измерена је код *Bacillus* 1 DDGS 21 дан (0,3948 g, просечна маса по понављању $0,0987 \pm 0,14678$ g). Највећи збир маса ларви после 21 дана инкубације забележен је код комбинације *Bacillus* 2 и пшеничне мекиње: 68,9466 g, односно $17,2367 \pm 1,60825$ g по понављању.

Табела 3. Оцена огледа након 65 дана развића на храни која је инкубирана 21 дан.

Понављање	Број живих имага	Број мртвих имага	Број ларви	Маса ларви (g)	Укупна маса ларви (g)	Просечна маса ларви у понављању (g)	Ст. дев.
<i>Bacillus</i> 1 пш. м. 21 д. пон. 1	6	19	444	7,9068	21,4377	5,35943	2,07179
<i>Bacillus</i> 1 пш. м. 21 д. пон. 2	11	14	316	5,7166			
<i>Bacillus</i> 1 пш. м. 21 д. пон. 3	7	18	320	4,9176			
<i>Bacillus</i> 1 пш. м. 21 д. пон. 4	3	22	306	2,8967			
<i>Bacillus</i> 1 с. с. 21 д. пон. 1	10	15	212	1,5838	7,3673	1,84183	1,05558
<i>Bacillus</i> 1 с. с. 21 д. пон. 2	8	17	39	0,5578			
<i>Bacillus</i> 1 с. с. 21 д. пон. 3	7	18	237	3,0811			
<i>Bacillus</i> 1 с. с. 21 д. пон. 4	9	16	207	2,1446			

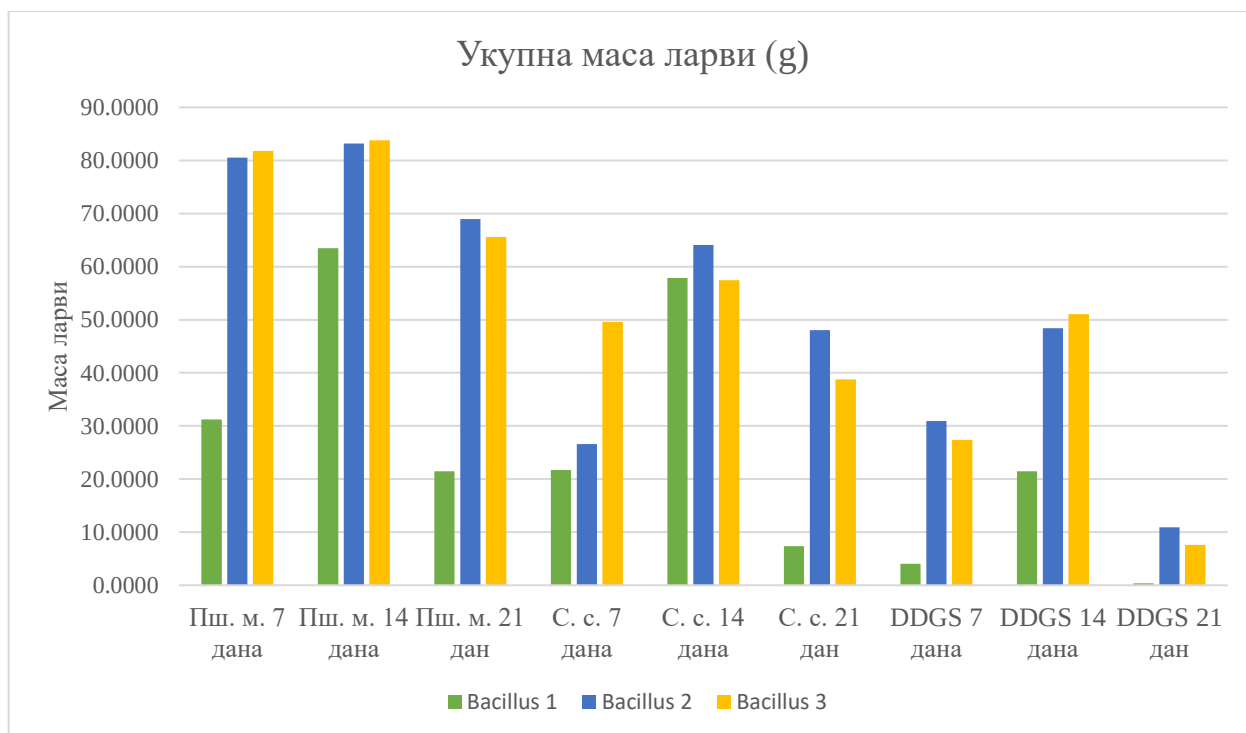
<i>Bacillus 1</i> DDGS 21 д. пон. 1	8	17	39	0,3169	0,3948	0,0987	0,14678
<i>Bacillus 1</i> DDGS 21 д. пон. 2	13	12	0	0			
<i>Bacillus 1</i> DDGS 21 д. пон. 3	8	17	13	0,0305			
<i>Bacillus 1</i> DDGS 21 д. пон. 4	15	10	3	0,0474			
<i>Bacillus 2</i> пш. м. 21 д. пон. 1	9	16	1130	18,0901	68,9466	17,2367	1,60825
<i>Bacillus 2</i> пш. м. 21 д. пон. 2	2	23	1261	15,1183			
<i>Bacillus 2</i> пш. м. 21 д. пон. 3	14	11	838	16,9354			
<i>Bacillus 2</i> пш. м. 21 д. пон. 4	11	14	1244	18,8028			
<i>Bacillus 2</i> с. с. 21 д. пон. 1	15	10	452	10,6827	48,018	12,0045	1,46176
<i>Bacillus 2</i> с. с. 21 д. пон. 2	6	19	569	11,2841			
<i>Bacillus 2</i> с. с. 21 д. пон. 3	10	15	658	12,0110			
<i>Bacillus 2</i> с. с. 21 д. пон. 4	2	23	690	14,0402			
<i>Bacillus 2</i> DDGS 21 д. пон. 1	10	15	823	3,8863	10,9143	2,72858	2,39042
<i>Bacillus 2</i> DDGS 21 д. пон. 2	5	20	0	0			
<i>Bacillus 2</i> DDGS 21 д. пон. 3	10	15	273	1,6268			
<i>Bacillus 2</i> DDGS 21 д. пон. 4	13	12	584	5,4012			

<i>Bacillus</i> 3 пш. м. 21 д. пон. 1	9	16	305	16,2796	65,5574	16,3894	0,54919
<i>Bacillus</i> 3 пш. м. 21 д. пон. 2	14	11	581	16,1446			
<i>Bacillus</i> 3 пш. м. 21 д. пон. 3	7	18	903	17,1871			
<i>Bacillus</i> 3 пш. м. 21 д. пон. 4	6	19	1020	15,9461			
<i>Bacillus</i> 3 с. с. 21 д. пон. 1	6	19	604	9,8875	38,7799	9,69498	2,57793
<i>Bacillus</i> 3 с. с. 21 д. пон. 2	9	16	411	6,5560			
<i>Bacillus</i> 3 с. с. 21 д. пон. 3	8	17	488	9,4791			
<i>Bacillus</i> 3 с. с. 21 д. пон. 4	4	21	771	12,8573			
<i>Bacillus</i> 3 DDGS 21 д. пон. 1	12	13	554	2,9247	7,5786	1,89465	1,01392
<i>Bacillus</i> 3 DDGS 21 д. пон. 2	17	8	425	1,5888			
<i>Bacillus</i> 3 DDGS 21 д. пон. 3	10	15	87	0,6195			
<i>Bacillus</i> 3 DDGS 21 д. пон. 4	12	13	487	2,4456			

пш. м. – пшеничне мекиње; с. с. – сунцокретова сачма; пон. – понављање; Ст. дев. – стандардна девијација

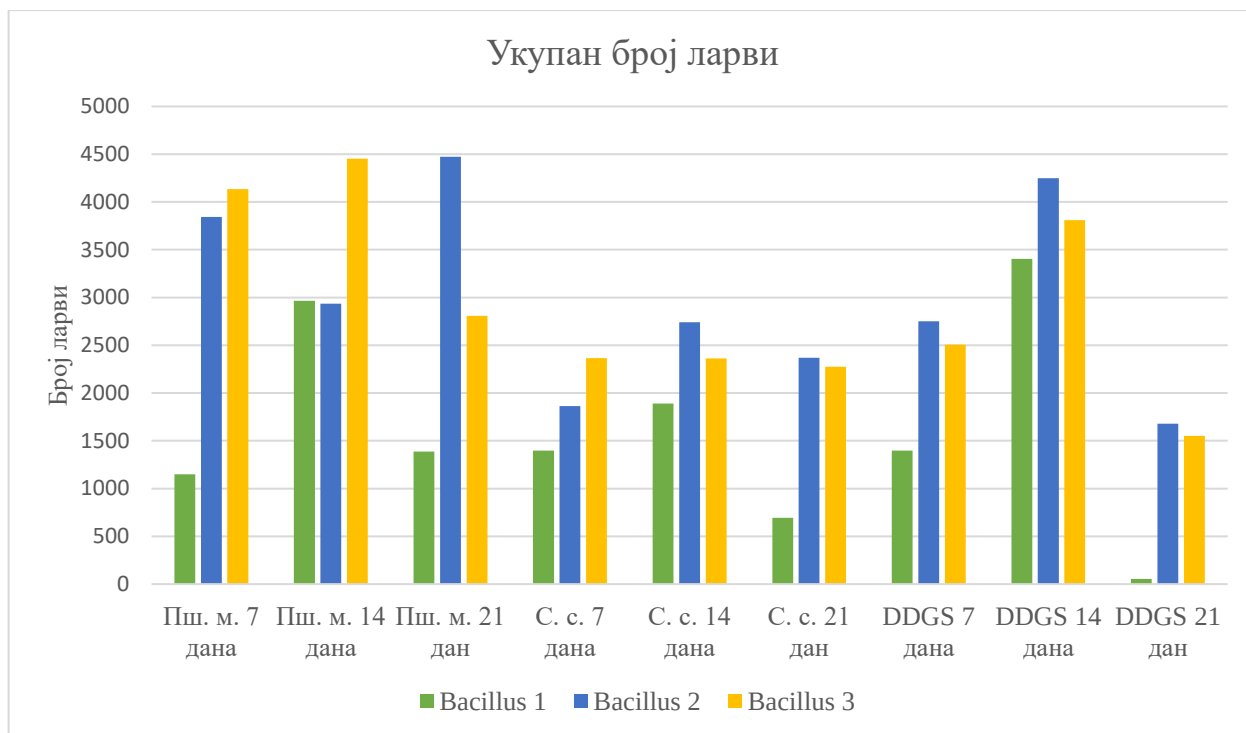
Највеће вредности укупне масе ларви забележене су у комбинацијама са пшеничним мекињама. Код пшеничних мекиња третираних сојем *Bacillus* 2 збир маса је прелазео 80 g после 7 и 14 дана инкубације, а после 21 дана износио је 68,9466 g. Од пет највећих вредности укупне масе ларви, три су забележене у комбинацијама где је засејан сој *Bacillus* 2, а преостала два у понављањима са сојем *Bacillus* 3. Поређењем свих комбинација времена инкубације, врсте хране и соја *Bacillus*-а, резултати мерења

масе показали су да је просечна маса по понављању, посматрано преко свих супстрата и периода, најмања код соја *Bacillus* 1. Најмања маса ларви измерена је у понављањима где је DDGS након засејавања микроорганизмима инкубиран 21 дан. У испитиваним условима, маса ларви је код више комбинација била мања после 21 него после 14 дана инкубације. Укупна маса ларви свих комбинација приказана је на Графикону 1.



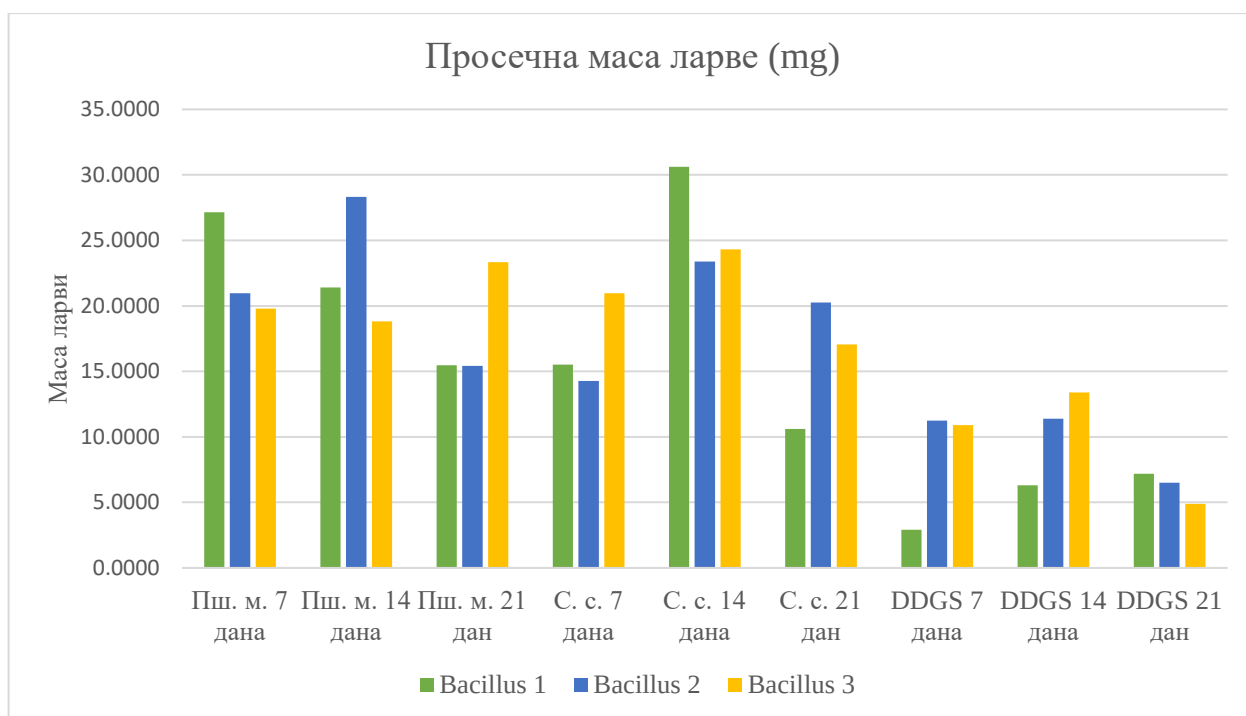
Графикон 1. Укупна маса ларви у свим комбинацијама

Од укупно 27 комбинација, само код 4 избројано је преко 4000 ларви у њиховим понављањима. У три комбинације налазиле су се пшеничне мекиње, а у последњој DDGS. Као и у претходном случају где је мерена укупна маса ларви, комбинације са сојем *Bacillus* 1 имале су најмање средње вредности броја и масе ларви када се вредности посматрају преко свих супстрата и периода. Комбинације са DDGS-ом најбоље резултате дале су после 14 дана инкубације, а неки од њих имали су веће вредности чак и од пшеничних мекиња. Укупан број ларви свих комбинација приказан је на Графикону 2.



Графикон 2. Укупан број ларви по свим категоријама

Просечна маса једне ларве израчунава се дељењем укупне масе ларви њиховим укупним бројем. Највећа вредност добијена је код комбинације *Bacillus* 1 и сунцокретевог сачме после 14 дана инкубације и износи 30,63 mg. Мало мања маса ларве добијена је код пшеничних мекиња (27,2 и 28,3 mg). Занимљив резултат добијен је код DDGS-а инкубираног 14 дана. Иако је избројан велик број ларви, добијена маса ларве релативно је мала у односу на комбинацију са другом врстом хране. Ови резултати добијени су јер су ларве које су се развијале на DDGS-у биле доста ситније у поређењу са ларвама које су се развијале на сунцокретој сачми и пшеничним мекињама. Просечна маса по ларви свих комбинација приказана је на Графикону 3.



Графикон 3. Просечна маса ларве

На подацима из 108 чинија израчуната је трофакторска ANOVA за број ларви (Табела 4). За сој *Bacillus* добијена је највећа F-вредност међу главним ефектима ($F = 43,43$). Статистички значајан утицај испојили су и врста хране ($F = 23,28$; $p < 0,001$) и дужина инкубације ($F = 29,51$; $p < 0,001$), што указује да су оба фактора важна за успешност развића испитиване врсте.

Анализа интеракција показала је да интеракција између хране и соја *Bacillus*-а није била статистички значајна ($F = 2,19$; $p = 0,078$), што значи да за овај двофакторски члан није утврђена статистички значајна разлика на нивоу $\alpha = 0,05$. Са друге стране, утврђена је веома високо статистички значајна интеракција између хране и дужине инкубације ($F = 9,19$; $p < 0,001$), као и високо статистички значајна интеракција између соја *Bacillus*-а и дужине инкубације ($F = 4,24$; $p = 0,004$). Ови резултати указују да је утицај дужине инкубације зависио како од врсте хране, тако и од примењеног соја бактерије.

Поред тога, утврђена је статистички значајна трострука интеракција испитиваних фактора ($F = 2,83$; $p = 0,008$), што указује да поред главних ефеката, у приказаној анализи постоје разлике између комбинација сва три фактора. Другим речима, ефекат одређеног соја *Bacillus*-а на бројност ларви зависио је истовремено од врсте хране и дужине њене инкубације.

Табела 4. Резултати трофакторске анализе варијансе (ANOVA) за број ларви

Фактор	df	F	p
Храна	2	23,28	<0,001
<i>Bacillus</i>	2	43,43	<0,001
Инкубација	2	29,51	<0,001
Храна × <i>Bacillus</i>	4	2,19	0,078
Храна × Инкубација	4	9,19	<0,001
<i>Bacillus</i> × Инкубација	4	4,24	0,004
Храна × <i>Bacillus</i> × Инкубација	8	2,83	0,008

df – степен слободе; F - однос варијабилности између и унутар група; p-вредност

Резултати Tukey HSD теста показали су да су пшеничне мекиње обезбедиле значајно већи број ларви у односу на DDGS и сунцокретову сачму ($p < 0,001$). Између DDGS-а и сунцокретове сачме није утврђена статистички значајна разлика ($p = 0,065$). Ови резултати указују да су пшеничне мекиње представљале повољнији супстрат за развој ларви великог брашнара у односу на преостала два испитивана супстрата.

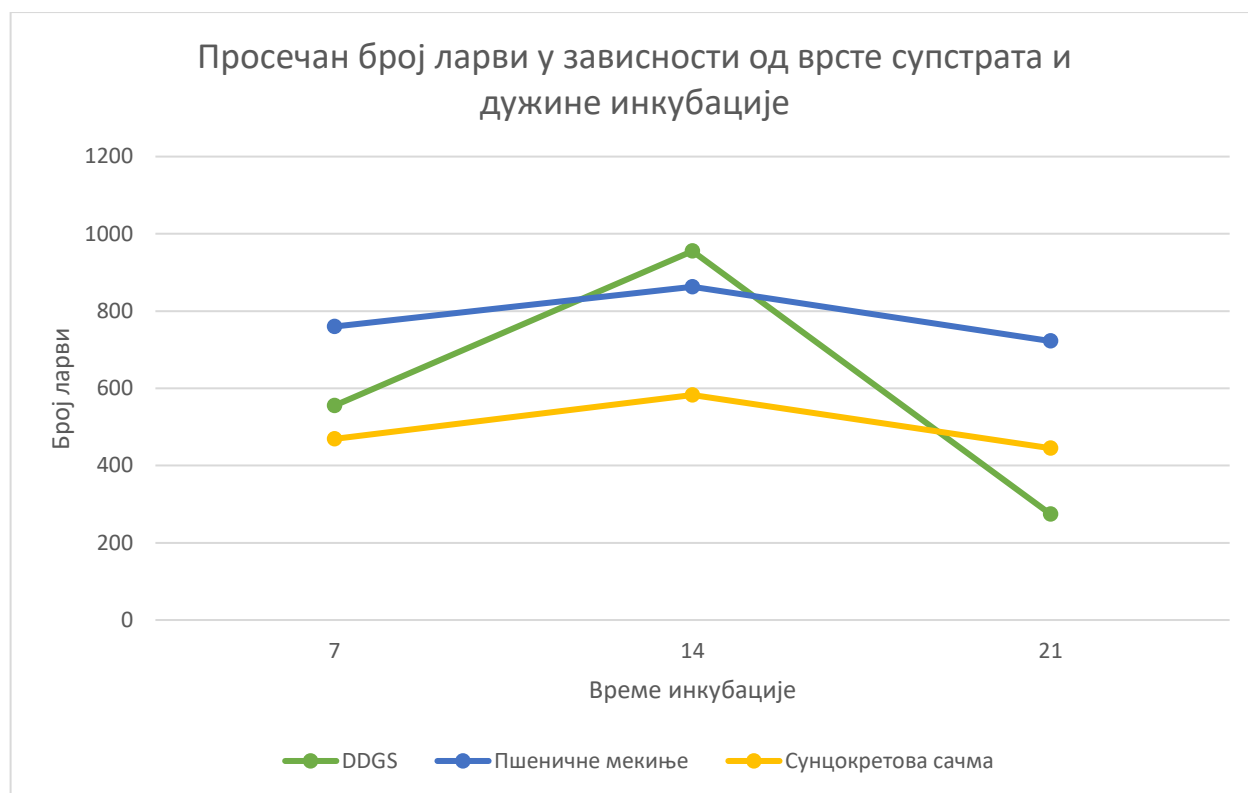
Анализа утицаја сојева *Bacillus*-а показала је да се сој B1 статистички значајно разликовао од сојева B2 и B3 ($p < 0,001$), док између сојева B2 и B3 није утврђена статистички значајна разлика ($p = 0,909$). У приказаном поређењу није утврђена разлика између B2 и B3.

Дужина инкубације имала је значајан утицај на број ларви, при чему су статистички значајне разлике утврђене између свих испитиваних периода инкубације (7, 14 и 21 дан). На основу средњих вредности може се уочити да је број ларви зависио од комбинације хране и примењеног соја бактерије, што је у складу са претходно утврђеним значајним интеракцијама у ANOVA анализи. Резултати Tukey HSD теста приказани су у Табели 5.

Табела 5. Резултати Tukey HSD теста броја ларви

	Поређење	p
Супстрат	DDGS – мекиње	< 0,001
	DDGS – сачма	0,065
	мекиње – сачма	< 0,001
<i>Bacillus</i> сој	B1 – B2	< 0,001
	B1 – B3	< 0,001
	B2 – B3	0,909
Време инкубације	7–14 дана	< 0,001
	7–21 дан	0,022
	14–21 дан	< 0,001

Резултати су показали да је број ларви зависио од интеракције врсте хране и дужине инкубације. Просечне вредности броја ларви приказане су на Графикону 4.



Графикон 4. Утицај врсте хране и дужине инкубације на број ларви *T. molitor*

На графикону 4 може се уочити да је код све три врсте хране највећи број ларви забележен након 14 дана инкубације. Најизраженија промена уочена је код DDGS-а, где је након 21 дана инкубације дошло до наглог смањења броја ларви. Пшеничне мекиње су током сва три периода инкубације обезбедиле релативно висок број ларви, док су код сунцокретове сачме промене биле мање изражене. Непаралелне линије графички приказују интеракцију супстрата и дужине инкубације, чија је статистичка значајност утврђена ANOVA анализом.

На подацима из 108 чинија израчуната је трофакторска ANOVA за масу ларви (Табела 6). Приказане F и p вредности се добијају из наведених маса. Највећа вредност F теста утврђена је за фактор хране ($F = 395,3$), што показује да је овај фактор имао највећу F-вредност међу главним ефектима у приказаном моделу. Значајан утицај испојили су и фактор дужине инкубације ($F = 196,9$; $p < 0,001$) и сој *Bacillus*-а ($F = 200,5$; $p < 0,001$).

Табела 6. Резултати трофакторске анализе варијансе (ANOVA) за масу ларви

Фактор	df	F	p
Храна	2	395,3	< 0,001
<i>Bacillus</i>	2	200,5	< 0,001
Инкубација	2	196,9	< 0,001
Храна × <i>Bacillus</i>	4	12,39	< 0,001
Храна × Инкубација	4	6,36	< 0,001
<i>Bacillus</i> × Инкубација	4	8,74	< 0,001
Супстрат × <i>Bacillus</i> × Инкубација	8	10,60	< 0,001

Анализа интеракција показала је да су све испитиване интеракције биле веома високо статистички значајне. Утврђена је значајна интеракција између хране и дужине инкубације ($F = 6,36$; $p < 0,001$), као и између соја *Bacillus*-а и дужине инкубације ($F = 8,74$; $p < 0,001$). Такође, забележена је значајна интеракција између хране и соја *Bacillus*-а ($F = 12,39$; $p < 0,001$). Поред тога, утврђена је веома високо статистички значајна трострука интеракција ($F = 10,60$; $p < 0,001$), што показује да се разлике повезане с појединачним факторима мењају у зависности од њихове комбинације у приказаном моделу.

Према приказаним средњим вредностима, највећа маса по понављању забележена је на пшеничним мекињама са сојевима *Bacillus* 2 и 3 после 14 дана, а најмања на DDGS-у са сојем *Bacillus* 1 после 21 дана.

Резултати Tukey HSD теста показали су да је дужина инкубације значајно утицала на масу ларви, при чему су све разлике између испитиваних периода (7, 14 и 21 дан) биле статистички значајне ($p < 0,001$). Највећа маса ларви забележена је након 14 дана инкубације, док је значајно смањење вредности уочено након 21 дана.

Анализа утицаја сојева *Bacillus*-а показала је да се сој B1 статистички значајно разликовао од сојева B2 и B3 ($p < 0,001$), док између сојева B2 и B3 није утврђена статистички значајна разлика ($p = 0,994$). У приказаном поређењу није утврђена разлика између B2 и B3.

Резултати Tukey теста за врсту хране показали су да су пшеничне мекиње обезбедиле статистички значајно већу масу ларви у односу на DDGS и сунцокретову сачму ($p < 0,001$). Такође, сунцокретова сачма је обезбедила значајно већу масу ларви у поређењу са DDGS ($p < 0,001$), што указује да је DDGS био најнеповољнији супстрат за развој масе ларви. Резултати Tukey HSD теста приказани су у Табели 7.

Табела 7. Резултати Tukey HSD теста масе ларви

	Поређење	р
Супстрат	DDGS – мекиње	< 0,001
	DDGS – сачма	< 0,001
	мекиње – сачма	< 0,001
<i>Bacillus</i> сој	B1 – B2	< 0,001
	B1 – B3	< 0,001
	B2 – B3	0,994
Време инкубације	7–14 дана	< 0,001
	7–21 дан	< 0,001
	14–21 дан	< 0,001

Маса ларви *T. molitor* се разликовала у зависности од врсте хране, соја *Bacillus*-а и дужине инкубације, при чему је највећа средња вредност забележена код пшеничних мекиња, сојева B2 и B3 и периода инкубације од 14 дана.

5. ДИСКУСИЈА

У анализираним чинијама број и маса ларви разликовали су се између комбинација супстрата, соја *Bacillus* и периода инкубације; независност чинија као понављања третмана није потврђена. Разлике могу бити повезане са саставом хране, али састав испитиваних серија није мерен, па се механизам не може утврдити. Резултати других истраживања показују да врста хране може бити повезана са растом ларви (Rashidi Ilzoleh и Akmali, 2025).

У овом раду, највећа просечна маса ларви по понављању забележена је код варијанти са пшеничним мекињама, где су вредности код сојева В2 и В3 након 14 дана инкубације износиле 20,79 g и 20,94 g, респективно. Ови резултати су у складу са налазима Rashidi Ilzoleh и Akmali (2025), који су показали да ларве хранене искључиво пшеничним мекињама достижу највеће вредности телесне масе у поређењу са другим типовима хране. Хемијски састав хранива коришћеног у овом огледу није одређен, па се на основу ових резултата не може утврдити који је састојак мекиња допринео већој маси.

Rumbos и сарадници (2020) такође су утврдили да су пшеничне мекиње дале највећу биомасу ларви међу испитаним небрашним житним супстратима.

Супстрати на бази сунцокрете сачме дали су умерене резултате. Код соја В3 након 14 дана маса ларви износила је 14,36 g, што је описно мање од вредности на пшеничним мекињама. Сунцокрета сачма је извор протеина (Delić и сар., 1992; Lević и сар., 1992), али састав супстрата у овом огледу није измерен. Други аутори су показали да састав хране може бити повезан са растом ларви (Mahmoud et al., 2025).

Најниже вредности масе уочене су код DDGS-а. На пример, код соја В1 након 21 дана просечна маса ларви по понављању износила је 0,0987 g, док су и код других варијанти вредности биле значајно ниже у односу на остале супстрате. Kim и сарадници (2016)

испитивали су додаток DDG-а пшеничним мекињама и забележили разлике у маси и преживљавању ларви. У овом огледу DDGS је имао најмању средњу масу ларви када се вредности посматрају преко свих сојева и периода; број ларви после 14 дана био је висок у појединим комбинацијама.

Поред тога, резултати овог истраживања указују да већи број ларви у појединој комбинацији није увек пратила и већа укупна маса. Густина јединки није била посебан испитивани фактор, па се конкуренција за храну и простор може навести само као могуће објашњење које захтева даљу проверу (Montalbán et al., 2022).

Међу варијантама третираним различитим сојевима рода *Bacillus* забележене су разлике у броју и маси ларви. Најбољи резултати остварени су код сојева B2 и B3, који су у већини случајева дали веће вредности масе и броја ларви у односу на сој B1. На пример, код пшеничних мекиња након 14 дана маса код соја B2 износила је 20,79 g, док је код B1 била нижа у приказаним подацима (15,86 g). Разлике између сојева су уочене, али ензимска активност и промене у хемијском саставу хране нису мерене, па се механизам не може утврдити из овог огледа.

Комбинација резултата овог истраживања указује да у испитиваним условима број и маса ларви мењају се са комбинацијом више фактора, пре свега избора хране, дужине инкубације и примене одговарајућих микробиолошких третмана. У том смислу, пшеничне мекиње у комбинацији са сојевима B2 и B3 и периодом инкубације од 14 дана дале су међу највећим вредностима масе у испитиваним условима.

Ови резултати могу бити основа за даља испитивања у производним условима. Даља истраживања треба да буду усмерена на детаљније испитивање интеракције између микробиолошких третмана и различитих типова супстрата, као и на оптимизацију услова узгоја у циљу повећања ефикасности производње.

6. ЗАКЉУЧАК

На основу добијених резултата овог експеримента донети су следећи закључци:

- Највећа бројност у једном понављању забележена је на DDGS-у третираном сојем *Bacillus* 2 после 14 дана инкубације. У понављању 3 избројано је 1372 ларве. Преко 1000 ларви избројано је у следећим комбинацијама: *Bacillus* 2 пшеничне мекиње 7 дана понављања 2 и 3 (1120 и 1100), *Bacillus* 3 пшеничне мекиње 7 дана понављања 2 и 4 (1277 и 1280), *Bacillus* 1 пшеничне мекиње 14 дана понављање 1 (1061), *Bacillus* 1 DDGS 14 дана понављање 2 (1019), *Bacillus* 2 DDGS 14 дана понављање 1 (1048), *Bacillus* 3 пшеничне мекиње 14 дана понављања 1, 3 и 4 (1290, 1190 и 1098), *Bacillus* 3 DDGS 14 дана понављање 4 (1161) и *Bacillus* 2 пшеничне мекиње 21 дан понављања 1, 2 и 4 (1130, 1261 и 1244). На основу ових података донет је закључак да су пшеничне мекиње најпогоднија храна за развој великог броја ларви великог брашнара.
- Најмање ларви забележено је код *Bacillus* 1 DDGS 21 дан понављања 1 - 4 (39, 0, 13 и 3), *Bacillus* 2 DDGS 21 дан понављање 2 (0), *Bacillus* 3 DDGS 21 дан понављање 3 (87), *Bacillus* 1 сунцокретова сачма 21 дан понављање 2 (39), што указује на пад бројности у појединим комбинацијама после 21 дана инкубације, нарочито код DDGS-а. Сходно томе, ларве из ових понављања имале су најмању укупну масу.
- Највећа укупна маса ларви измерена је код *Bacillus* 3 пшеничне мекиње 14 дана и она износи 83,7679 g са просечном масом по понављању $20,9420 \pm 0,76211$ g. Укупна маса ларви преко 80 g забележена је и код *Bacillus* 2 пшеничне мекиње 14 дана (83,1726 g), *Bacillus* 2 пшеничне мекиње 7 дана (80,5353 g) и код *Bacillus* 3 пшеничне мекиње 7 дана (81,8146 g). Ларве које

су се храниле пшеничним мекињама развиле су највећу масу у поређењу са другим врстама хране.

- Посматрано преко свих супстрата и периода, сој *Bacillus* 1 имао је мање средње вредности броја и масе ларви од сојева *Bacillus* 2 и 3.
- Највећи укупан број ларви забележен је код варијанте *Bacillus* 2 пшеничне мекиње 21 дан (4473). Преко 4000 ларви избројано је и код *Bacillus* 3 пшеничне мекиње 7 и 14 дана (4133 и 4454) и код *Bacillus* 2 DDGS 14 дана (4248).
- Највећа просечна маса ларве израчуната је код комбинације *Bacillus* 1 и сунцокрете сачме после 14 дана и она износи 30,6272 mg.

На основу свега овога, комбинација *Bacillus* 2, пшеничне мекиње и 14 дана инкубације спада међу варијанте са највећом масом ларви у испитиваним условима јер се развио велик број ларви са великом масом и релативно великом просечном масом по ларви. Супротно томе, најлошије резултате дала је комбинација *Bacillus* 1 DDGS 21 дан.

Посматрано преко свих испитиваних комбинација, варијанте са сојевима *Bacillus* 2 и 3 имале су сличне средње вредности, а варијанте са сојем *Bacillus* 1 ниже вредности.

Пшеничне мекиње имале су највећу средњу масу и број ларви преко испитиваних варијанти. DDGS је имао најмању средњу масу, док је код сунцокрете сачме средњи број ларви био мањи него код DDGS-а.

Тестирањем дужине инкубационог периода након засејавања хране, донет је закључак да је средње вредности броја и масе ларви биле највеће после 14, ниже после 7, а најниже после 21 дана инкубације, посматрано преко свих супстрата и сојева. Овај описни редослед заснован је на средњим вредностима за све испитиване комбинације.

7. ЛИТЕРАТУРА

1. Acamovic, T. (2001). Enzymes for poultry. World's Poultry Science Journal. 57; 225-242. <https://doi.org/10.1079/WPS20010016>
2. Bovera, F., Piccolo, G., Gasco, L., Marono, S., Loponte, R., Vassalotti, G., Mastellone, V., Lombardi, P., Attia, Y.A., Nizza, A. (2015): Yellow mealworm larvae (*Tenebrio molitor*, L.) as a possible alternative to soy-bean meal in broiler diets. British Poultry Science. 56(5), 569-575. <https://doi.org/10.1080/00071668.2015.1080815>
3. Carson, G.R., Edwards, N.M. (2009): Criteria of wheat and flour quality. In: Khan K, Shewry P. editors. Wheat chemistry and technology. St Paul, MN: American Association of Cereal Chemists. 97–118. <https://doi.org/10.1094/9781891127557.004>
4. Costa, S., Pedro, S., Lourenço, H., Batista, I., Teixeira, B., Bandarra, N.M., Murta, D., Nunes, R., Pires, C. (2020): Evaluation of *Tenebrio molitor* larvae as an alternative food source. NFS Journal. 21, 57-64. <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2020.10.001>
5. Dar, M. A., Syed, R., Pawar, K. D., Dhole, N. P., Xie, R., Pandit, R. S., Sun, J. (2022): Evaluation and characterization of the cellulolytic bacterium, *Bacillus pumilus* SL8 isolated from the gut of oriental leafworm *Spodoptera litura*: An assessment of its potential value for lignocellulose bioconversion. Environmental Technology & Innovation 27, 102459. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102459>
6. Delić, I., Lević, J., Sredanović, S. (1992): Standardna i oplemenjena suncokretova sačma sa 44% sirovih proteina. 33. Symposium “Unapređenje uljarstva Jugoslavije”, Sutomore, 27-29 maj 1992, Zbornik radova. 268-287.
7. Derrien, C., Boccuni, A. (2018): Current status of the insect producing industry in Europe. In Edible insects in sustainable food systems, 471-479. Springer. In Book Edible Insects in Sustainable Food Systems. https://doi.org/10.1007/978-3-319-74011-9_30
8. Dienes, D., Egyházi, A., Réczey, K. (2004). Treatment of recycled fiber with *Trichoderma* cellulases. Industrial Crop Production. 20,11-21. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2003.12.009>
9. Duan, X.Y., Liu, S.Y., Zhang, W.C. (2004): Volumetric productivity improvement for endoglucanase of *Trichoderma pseudokoingii* S-38. J Appl Microbiol. 96: 772-6.

10. EFSA NDA Panel (EFSA Panel on Nutrition, Novel Foods and Food Allergens) (2021). Safety of dried yellow mealworm (*Tenebrio molitor* larva) as a novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. EFSA Journal 19 (1), 6343.
11. FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations (2009): How to feed the world in 2050.
12. Fondevila, G., Remiro, A., Remón, S., Fondevila, M. (2024): Bread By-Product and Maize Silage as Alternative Ingredient Feeds for Production of *Tenebrio molitor* Larvae in High-Concentrate Substrates. Animals. 14(23), 3505.
<https://doi.org/10.3390/ani14233505>
13. Ghaly, A.E., 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. <https://doi.org/10.3844/ajabssp.2009.319.331>
14. Godfray, C., Beddington, J., Crute, I., Haddad, L., Lawrance, D., Muir, J., Pretty, J., Robinson, S., Thomas, S., Toulmin, C. (2010): Food security: the challenge of feeding 9 billion people. Science. 327, 812–818.
<https://doi.org/10.1126/science.1185383>
15. Halloran, A., Vantomme, P. (2013): The contribution of insects to food security, livelihoods and the environment. FAO, Rome.
16. Harsányi, E., Juhász, C., Kovács, E., Huzsvai, L., Pintér, R., Fekete, G., Varga, Z. I., Aleksza, L., Gyuricza, C. (2020): Evaluation of Organic Wastes as Substrates for Rearing *Zophobas morio*, *Tenebrio molitor*, and *Acheta domesticus* Larvae as Alternative Feed Supplements. Insects. 11(9), 604.
<https://doi.org/10.3390/insects11090604>
17. Heck, J.X., Hertz, P.F., Ayub, M.A.Z. (2002): Cellulase and xylanase production by isolated Amazon *Bacillus* strains using soya been industrial residue based solid-state cultivation. Braz J Microbiol. 33: 213-218
18. Imathiu, S. (2019): Benefits and food safety concerns associated with consumption of edible insects. NFS Journal 18, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2019.11.002>
19. Jajić, I., Popović, A., Urošević, M., Krstović, S., Petrović, M., Guljaš, D. (2019): Chemical composition of mealworm larvae (*Tenebrio molitor*) reared in Serbia. Contemporary Agriculture, 68. <https://doi.org/10.2478/contagri-2019-0005>
20. Jajić, I., Popović, A., Urošević, I. M., Krstović, S., Petrović, M., Guljaš, D., 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>
21. Jajić, I., Krstović, S., Petrović, M., Urošević, M., Glamočić, D., Samardžić, M., Popović, A. Guljaš, D. (2022): Changes in the chemical composition of the yellow mealworm (*Tenebrio molitor* L.) reared on different feedstuffs. Journal of Animal and Feed Sciences, 31(2), 191–200. <https://doi.org/10.22358/jafs/147848/2022>
22. Jin, X.H., Heo, P.S., Hong, J.S., Kim, N.J., 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. 2016, 29, 979–986. <https://doi.org/10.5713/ajas.15.0535>

23. Jongema, Y. (2017): List of edible insects of the world. Wageningen University & Research, Wageningen, the Netherlands. 1-238.
24. Khanal, P., Pandey, D., Næss, G., Cabrita, R.J.A., Fonseca, J.M.A., Maia, R.G.M., Timilsina, B., Veldkamp, T., Sapkota, R., 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.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136104>
25. Kim, Y., Nathan, S. M., Hendrickson, R., Ezeji, T., Blaschek, H., Dien, B., Cotta, M., Dale, B., Ladisch, M. R. (2008): Composition of corn dry-grind ethanol by-products: DDGS, wet cake, and thin stillage. *Bioresource Technology*. 99(12), 5165-5176. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.09.028>
26. Kim, S. Y., Kim, H. G., Lee, K. Y., Yoon, H. J., & Kim, N. J. (2016): Effects of agricultural byproducts, DDG and MSG, on the larval development of mealworms. *International Journal of Industrial Entomology*, 32(2), 69–79.
<https://doi.org/10.7852/ijie.2016.32.2.69>
27. Kröncke, N., Benning, R. (2023): Influence of Dietary Protein Content on the Nutritional Composition of Mealworm Larvae (*Tenebrio molitor* L.). *Insects* 2023, 14, 261. <https://doi.org/10.3390/insects14030261>
28. Lange, K., Nakamura, Y. (2021): Edible insects as future food: chances and challenges. *Journal of Future Foods*.1(1), 38 – 46.
<https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2021.10.001>
29. Lević, J., Delić, I., Ivić, M., Stefanović, S. (1992): Removal of Cellulose From Sunflower Meal by Fractionation. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 69, 890-893.
<https://doi.org/10.1007/BF02636339>
30. Lienhard, A., Rehorska, R., Pöllinger-Zierler, B., Mayer, C., Grasser, M., Berner, S. (2023): Future Proteins: Sustainable Diets for *Tenebrio molitor* Rearing Composed of Food By-Products. *Foods*. 12 (22), 4092. <https://doi.org/10.3390/foods12224092>
31. Liu, S.X., Singh, Mand, Inglett G. (2011): Effect of incorporation of distillers' dried grains with solubles (DDGS) on quality of cornbread. *Food Science and Technology*, 44, 713–718. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.10.001>
32. Maes, C., Delcour, J.A. (2002): Structural characterisation of water extractable and water unextractable arabinoxylans in wheat bran. *J Cereal Sci.* 35:315–326.
<https://doi.org/10.1006/jcrs.2001.0439>
33. Mahmoud, M. A., Abotaleb, A. O., & Zinhoum, R. A. (2025): Evaluation of various diets for improved growth, reproductive and nutritional value of the yellow mealworm, *Tenebrio molitor* L. *Scientific Reports*, 15, 15656.
<https://doi.org/10.1038/s41598-025-98254-y>
34. Malik, W. A., Javed, S. (2021): Biochemical Characterization of Cellulase From *Bacillus subtilis* Strain and its Effect on Digestibility and Structural Modifications of Lignocellulose Rich Biomass. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology* 9, 800265. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.800265>
35. Mancini, S., Fratini, F., Turchi, B., Mattioli, S., Dal Bosco, A., Tuccinardi, T., Nozic, S., Paci, G. (2019): Former Foodstuff Products in *Tenebrio Molitor* Rearing: Effects

- on Growth, Chemical Composition, Microbiological Load, and Antioxidant Status. *Animals*, 9(8), 484. <https://doi.org/10.3390/ani9080484>
36. Matsui, I., Sakai, Y., Matsui, E., Kikuchi, H., Kawarabayasi, Y., Honda, K. (2000): Novel substrate specificity of a membrane-bound β -glycosidase from the hyperthermophilic archaeon *Pyrococcus horikoshi*. *FEBS Lett.* 467, 195-200. [https://doi.org/10.1016/s0014-5793\(00\)01156-x](https://doi.org/10.1016/s0014-5793(00)01156-x)
 37. Montalbán, A., Sánchez, C. J., Hernández, F., Schiavone, A., Madrid, J., & Martínez-Miró, S. (2022): Effects of agro-industrial byproduct-based diets on the growth performance, digestibility, nutritional and microbiota composition of mealworm (*Tenebrio molitor* L.). *Insects*, 13(4), 323. <https://doi.org/10.3390/insects13040323>
 38. Morales-Ramos, J. A., Rojas, M. G., Shapiro-Ilan, D. I., & Tedders, W. L. (2010): Developmental Plasticity in *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae): Analysis of Instar Variation in Number and Development Time under Different Diets. *Journal of Entomological Science.* 45(2), 75–90. <https://doi.org/10.18474/0749-8004-45.2.75>
 39. Nishida, Y., Suzuki, K.I., Kumagai, Y., Tanaka, H., Inoue, A., Ojima, T. (2007): Isolation and primary structure of a cellulase from the Japanese sea urchin *Strongylocentrotus nudus*. *Biochemistry.* 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.biochi.2007.03.015>
 40. Nowak, V., Persijn, D., Rittenschober, D., Charrondiere, U.R. (2016): Review of food composition data for edible insects. *Food Chemistry.* 193, 39–46. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.10.114>
 41. Oonincx, D.G.A.B., De Boer I.J.M. (2012): Environmental impact of the production of mealworms as a protein source for humans-a life cycle assessment. *PLoS ONE.* 7(12), e51145. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0051145>
 42. Payne, C.L., Scarborough, P., Rayner, M., Nonaka, K. (2016): Are edible insects more or less “healthy” than commonly consumed meats? A comparison using two nutrient profiling models developed to combat over- and undernutrition. *European Journal of Clinical Nutrition.* 70:285–91. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2015.149>
 43. Radosavljević, M., Milašinović, M. (2008): ZP maize hybrids as a raw material in the starch production. *Journal on Processing and Energy in Agriculture (former PTEP)*, 12 (4), 191-195.
 44. Rashidi Ilzoleh, R., & Akmal, V. (2025): Comparative impact of seven bran diets on the growth, development and survival rate of *Tenebrio molitor* Linnaeus 1758 (Coleoptera: Tenebrionidae) larvae. *Iranian Journal of Science.* <https://doi.org/10.1007/s40995-025-01885-z>
 45. Rumbos, C.I., Karapanagiotidis, I.T., Mente, E. et al. (2020): Evaluation of various commodities for the development of the yellow mealworm, *Tenebrio molitor*. *Scientific Reports.* 10, 11224. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-67363-1>
 46. Syahrulawal, L., Torske, M. O., Sapkota, R., Næss, G., Khanal, P. (2023): Improving the nutritional values of yellow mealworm *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) larvae as an animal feed ingredient: a review. *Journal of Animal Science and Biotechnology.* 14(1), 146. <https://doi.org/10.1186/s40104-023-00945-x>

47. Штрбац, П. (2002): Штеточине ускладиштених производа. Издавач: Пољопривредни факултет, Универзитет у Новом Саду.
48. Tomberlin, J. van Huis, Benbow, M. (2015): Protecting the environment through insect farming as a means to produce protein for use as livestock, poultry, and aquaculture feed. *Journal of Insects as Food and Feed*. 1, 307-309. <https://doi.org/10.3920/JIFF2015.0098>
49. Toviho, O.A., Bársony, P. (2022): Nutrient composition and growth of yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) at different ages and stages of the life cycle. *Agriculture*. 12(11):1924. <https://doi.org/10.3390/agriculture12111924>
50. Van Broekhoven, S., Doan, Q.H.T., Van Huis, A., 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.
51. Van Huis, A. (2015): Edible insects contributing to food security?. *Agric & Food Secur* 4, 20.
52. Vrontaki, M., Adamaki-Sotiraki, C., Rumbos, C. I., Anastasiadis, A., Athanassiou, C. G. (2024): Valorization of local agricultural by-products as nutritional substrates for *Tenebrio molitor* larvae: A sustainable approach to alternative protein production. *Environmental Science and Pollution Research* 31, 35760-35768. <https://doi.org/10.1007/s11356-024-33564-8>
53. Yoo, J.S., Cho, K.H., Hong, J.S., Jang, H.S., Chung, Y.H., Kwon, G.T., Shin, D.G., 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.* 2019, 32, 387–394. <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0647>

Линкови:

https://pngtree.com/freepng/tenebrio-molitor-linnaeus-1758mealworm-beetle-showcased-on-a_13417180.html

<https://www.dreamstime.com/royalty-free-stock-images-larva-mealworm-tenebrio-molitor-image6004989>

<https://www.alamy.com/pupa-of-darkling-beetle-tenebrio-molitor-from-side-on-white-background-image574381214.html>