

Черната муха войник и борбата с органичните отпадъци

Данаил Таков

От друга страна обаче, все още преработката на отпадъците не е масова практика. Необходимо са доста средства, енергия и новаторски технологични решения за тяхното събиране, разделяне и трансформиране, а това в крайна сметка води до относително ниска печалба. Освен това, налагането на добри практики за управление на отпадъците – събиране, извозване, разделяне, както и сложната логистика, често възпрепятстват достъпа до висококачествени отпадъци, а това пак е проблем за промишлено-

Поради бързата урбанизация, промените в демографията и засилващото се потребление на храни и стоки, проблемът с отпадъците става все по-сложен. В последното десетилетие много градове са увеличили усилията си за намиране на устойчиви решения за управлението им. Тъй като оперирането с отпадъците се основава на чисто пазарни принципи, не е изненадващо, че отпадъчните продукти, включително органичните такива, вече са използвани за рециклиране във все по-висок процент в сравнение с близкото минало, когато те се считаха безполезни.

то им преработване. Факторите, определящи хранителното качество на биологичните отпадъци, включват плътността, съотношението и вида на хранителните вещества, които съдържат.

В тях има комплекс от различни макро- и микро-елементи, органична материя, протеини, невлакнести въглеводороди, фибри и липиди. Например торът обикновено е с ниско съдържание на органична материя и фибри, отпадъците от ресторанти и столове са богати на невлакнести въглеводороди и липиди, а отпадъците от

плодове и зеленчуци са с ниско съдържание на протеини. Специфичен проблем е управлението на фекалната утайка, натрупвана в септични ями, тоалетни и други санитарни съоръжения, която съдържа високи нива на хранителни вещества, но също и патогени. Въпреки хранителната си стойност, утайката, генерирана в градски и крайградски райони, често не се използва повторно в селското стопанство. Причините се дължат на големите разстояния между производителите на утайки и потенциалните потребители, извършващи нейното комплексно третиране, което намалява икономическата рентабилност при управлението на тези отпадъчни продукти.

Един, не особено добре познат, вид насекомо може да се окаже изключително полезен съюзник на човека в решаването на проблемите с отпадъците. Става дума за Черната муха Войник. Тя е двукрило насекомо от разред *Diptera*, чието научно име е *Hermetia illucens*, Linnaeus 1758, (на английски *The Black Soldier Fly*), широко разпространена в тропически и по-топли умерени райони между 45°N и 40°S паралели. Произхожда от тропическите, субтропичните и топлиите умерени зони на Америка. Разпространена е и в субтропичните райони на Южна Европа – Португалия, Испания, Франция, Италия, Гърция, Малта, Хърватия, Черна Гора, Албания, Южна Германия, Чехия, достига и до Швейцария. В България се среща само през лятото в най-южните части на страната. Развитието на международния транспорт от миналия век доведе до разселването ѝ в много региони на света.



Ларви на *H. illucens*

Ларвите на черния войник се хранят с разлагащи се органични вещества, като гниеци плодове и зеленчуци, животински тор и човешки екскременти. Плътните популации на ларвите могат да превърнат органичните отпадъци в ценен биоресурс. Например, по данни на Шепард и колеги (D.Craig Sheppard et al.) от 1994 г. ларвите могат да намалят натрупването на тор от прасета и кокошки носачки с 50% или повече без допълнително използване на енергия. Последният ларвен стадий, така наречената предкакавица, мигрира от мястото на хранене в търсене на суха и защитена за какавидиране среда. Тази трансформация се извършва в обвивката на ларвата, като след около 14 дни се появяват възрастните. Те са госта летаргични и лоши летци, не се хранят и разчитат на мазнините, натрупани през последния ларвен стадий. Женските се чифтосват два дни след имагинирането си и отлагат яйца в сухи пукнатини в близост до източници на хранене. Веднъж излюпени, ларвите започват да се хранят с отпадъците, като по този начин се



Възрастна на *H. illucens*

постига намаление с до 55% на сухия им обем.

Бондари и Шепард (Bondari K., Sheppard, D. C., Soldier fly) от Университета в Джорджия (САЩ) през 1981г. публикуват изследване за употребата на ларви на мухи войници като храна в търговското производство на риба. Темата за третирането на биологични отпадъци от ларви на черния войник като технология за управление на отпадъците, стартира от 90-те год. на XX век. Има полеви изследвания в Коста Рика, които показват редукция на отпадък до 75% при метод на отглеждане от отворен тип. Поради високата плътност на ларвите и огромния им апетит, пресният органичен материал се усвоява бързо, като растежът на бактериите се потиска и ограничава значително, а по този начин се намалява до минимум отделянето на лоша миризма.

Този процес превръща отпадъците в биомаса на ларвите, намалява отпадъчната суха маса и генерира суровини за производството на почвени торове, смазочни материали и биодизел, фарма-

цевтични продукти и храни за животни. При идеални условия с изобилие от хранителни източници (т.е. отпадъци), ларвите се развиват напълно след две седмици. В отговор на различни хранителни условия, ларвите на мухите коригират скоростта си на растеж и натрупването на хранителни вещества, като основната цел е да натрупат достатъчно резерви за завършване на етапите на живот на метаморфоза и зряла възраст без хранене. Допълнително предимство на *H. illucens* е способността да отблъсква яйцеклетката на

женските домашни мухи, които са сериозен вектор на заболявания, особено в развиващите се страни. Поради особеностите в жизнения си цикъл, възрастната муха няма контакт с разграждащи се или пресни органични материали, включително хранителни продукти и следователно не може да се счита за преносител на болести. Днес производството на фуражи за животни разчита главно на протеини и мазнини, получени от фуражния риболов. През 2002 г. рибеното брашно и рибеното масло се използват основно в световен мащаб за интензивно производство на храни, като 24% са за свине, 22% за домашни птици и 46% за аквакултури. Проучвания с ларви и предкакавиди на *H. illucens*, употребявани за хранене на домашни птици, прасета и риби разкриха обещаващи резултати по отношение на замяната на рибното брашно. Има направени опити през 2005 г. за замяна на 50% от традиционно използваната рибна храна с последния ларвен стадий на черния войник без отрицателни ефекти върху растежа на малките сомове.

Въпреки това, има необходимост от подобрене по отношение на комбинирането на фуража, особено на съотношението на протеини, мазнини и фибри. Различните съединения (протеин, мазнини, хитин) могат да бъдат разделяни на фракции и да бъдат продавани отделно, вместо да се използва предкакавидата като един общ продукт. Предлага се, например, мазнината да се извлече и да се превърне в биодизел. Също така има потенциал ларвите да намалят отпадъците, произвеждайки протеин, като по този начин позволяват балансиран компромис между високо тегло преди какавидата и значително намаляване на отпадъчния материал. Предкакавидите, отглеждани върху битови органични отпадъци, достигат дължина 25 – 27 мм. и тежат 0,195 – 0,220 гр. (свежо тегло). Експериментите за хранене на ларвите и проучванията върху средното черво (основният орган, участващ в храносмилането) показват, че протеините, невлакнестите въглехидрати и липидите са силно усвоими от ларвите и следователно това подобрява тяхната производителност и възможности за биоразградимост в храносмилателния им тракт.

От друга страна, фибрите, включително целулоза и лигнин, са по-малко смилеми и са склонни да намаляват скоростта на растеж на ларвите. Няколко проучвания стигат до заключението, че съдържанието на протеини (аминокиселини) в биоотпадъците е с най-голяма важност.

Доказано е, че протеинът има най-съществено влияние върху времето за развитие на предкакавидата. Тъй като аминокиселините позволяват на ларвите да продължат към следващия етап и да натрупват липиди по време на по-късните етапи (като енергийни резерви за следващите фази от живота) отпадъци с повишено протеиново съдържание може също да увеличат съдържанието на липиди в ларвите. Изследванията върху обикновената плодова муха (*Drosophila melanogaster*) показват, че ларвите на мухите контролират храненето си по отношение на протеини и могат да се хранят с други хранителни вещества като невлакнести въглехидрати. Това допълнително показва, че протеинът е особено важен за развитието. По отношение на преработката на фе-



Отглеждане на *Hermetia illucens* в Германия – ларви (вляво) и възрастни (вдясно)

кални утайки, ларвите на черния войник са в състояние да оцеляват и да се развиват в нея, като също така са способни значително да намалят тяхната биомаса. Комбинацията от такива утайки с отпадъци от пазара в съотношение 50:50 е обещаваща комбинация за ефективна редукция в обема на отпадъците. Надеждното високоефективно третиране на биоотпадъци с ларвите на тази муха изисква стратегии, които се основават на съществуващите познания за влиянието на променливите хранителни съставки в отпадъчните продукти върху производителността на ларвите. Подобно на други възможности за третиране на биологични отпадъци, като анаеробно разграждане или компостиране, комбинираното преобразуване, т.е. третирането на смес от няколко биологични отпадъци, може да повиши производителността. По-конкретно, смесването на различни биологични отпадъци може да осигури по-хранителна и балансирана храна за растежа на ларвите. Установено е, че при смесването на кравешка и човешка тор с хранителни отпадъци и странични продукти от производството на храни увеличава теглото на ларвите в сравнение с използването на същите отпадъци като отделна храна.

Лабораторните експерименти, свързани с усвояване на тежките метали, присъстващи във фуража, показват интересни модели на натрупване, вариращи в зависимост от вида и концентрацията на метала. Например: кадмият се натрупва, оловото се потиска, а цинкът се поддържа на сравнително постоянно ниво. Натрупването на тежки метали и начинът, по който насекомите се справят с тях, са от важно значение, особено по отношение на устойчивостта на тази технология, която цели да

бъде продуктивна, докато генерира нетоксичен продукт.

Много насекоми притежават естествен механизъм за детоксикация, изискващ, обаче допълнителна енергия, изразходвана за сметка на растежа и здравето. Това се отразява в промяна на поне една от важните жизнени характеристики, като намалена телесна маса, продължителност на живота, промени в репродукцията, понижена устойчивост на други стресови фактори или намалена устойчивост като цяло. Биоотпадъците се характеризират на базата на тяхното съдържание на въглерод, азот и протеин (използвайки общи фактори за преобразуване на азот в протеин) или сумата от други хранителни вещества. Азотът обаче може да не е точна мярка, тъй като може да включва и непротеинови азотни съединения с ниска хранителна стойност като урея, амоняк, нитрати и нитрити. По подобен начин въглеродът включва смилаеми фибри като целулоза и лигнин. Значението на тези съединения е трудно да се оцени, тъй като все още не е известна степенята, до която непротеиновият азот и фибрите се използват от чревните микроби на ларвите на черния войник.

В експериментални условия се потвърждава, че ларвите на черния войник могат да се развиват върху голям кръг от биологични отпадъци. Въпреки това, ефективността при този метод на третиране варира значително между различните биоотпадъци. Средните стойности на производителност значително се различават в зависимост от тях. Използването на отпадъци от зеленчуци и странични продукти от мелниците води до най-голяма редукция на отпадъците, въпреки че стойностите все още са със 17 до



Доц. g-p Данаил Таков завършва „Биология“ в Софийския университет през 2000 г. През 2008 г. защитава дисертация в Института по зоология при БАН. Занимава се с изучаването на едноклетъчни паразити, вирусни и гъбни патогени на стопански значими видове насекоми – бръмбари, пеперуди и др. Проучва подходите за биологичен контрол на горски и земеделски насекомни вредители.

20% по-ниски, отколкото за фуражите за домашни птици. Това може да се дължи на високото съдържание на невлакнести възлехидрати в тези два вида отпадъци, които лесно се усвояват и абсорбират в хемолимфата на ларвите на мухи. Но със сигурност използването на комбинации от отпадъци или смесването им значително повишава производителността в сравнение с отглеждане на ларви върху един вид отпадък. Това се отчита чрез степента на редукция, скоростта на биоконверсия или биотрансформация (процесите на превръщане на органичната материя в полезни продукти или в използваемите енергийни източници).

В сравнение с фуража за домашни птици, резултатите при смесване на отпадъци имат диапазон от 28% редукция,

87% степен на биотрансформация, 64% ефективност на преобразуване на отпадъка и 31% ефективност на преобразуване на протеините. Това предполага, че разпределянето на различни биологични отпадъци въз основа на техния първоначален хранителен състав може да подобри надеждността на съоръженията за отглеждане на ларвите. Като се отчетат надеждните данни за състава на биоотпадъците, смесването им предлага обещаващ систематичен подход за по-ефективна и предсказуема работа на съоръжения, използващи ларви на черния войник. Може да се очаква, че комбинирането на смеси от биоотпадъци по такъв начин, че да се постигне оптимално съдържание на протеини и невлакнести възлехидрати, ще повиши ефективността при третиране с ларвите и ще регулира колебанията в производителността. Тези колебания може да бъдат допълнително намалени чрез поддържане на липидите и фитиридите в по-тесни граници. Бъдещите изследвания трябва да проучат дали тези резултати могат да се приложат в промишлени пречиствателни станции с по-висока плътност на ларвите и при подходящи температури за отглеждане. Ползите в зависимост от балансирания състав на биоотпадъците могат да се бъдат подпомогани чрез допълнителните ресурси, необходими за анализ на биоотпадъците и разработването на технологии за производство на подходящите комбинации като част от предварителната подготовка на органичните отпадъци. Въпреки това, не всички отпадъци могат да се използват в съоръжения за третиране с ларви на *H. illucens* за производство на фуражи, предвид законовите решения. Например, в Европейския съюз понастоящем могат да се използват само странични



Готов продукт от изсушени ларви на черния войник за храна на птици и риби, предлаган във Великобритания

продукти от мелниците и отпадъци от предварително потребление в заведения за хранене (отпадъчни продукти при приготвяне на храни в ресторанти и столови) (съгласно решение на Европейската комисия от 2017 г.).

Вече има редица държави, където фирми се занимават с производство на различни продукти и суровини чрез развъждането на този вид насекомо: Германия

(от 2006), САЩ (2009), Малайзия (2012), Виетнам (2013), Франция (2015), България (2017) – протеин, мазнина, торове за растения; Литва (от 2016), Тунис и Франция (2015) – живи ларви; Канада (2007) – продукт за преработка на битови отпадъци в домашни условия. Фирми със сходна дейност съществуват в още няколко държави в света – Испания, Холандия, Сингапур, ЮАР. ■