

Mącznik młynarek (*Tenebrio molitor*) jako naturalny utylizator odpadów trudno degradowalnych – koncepcja wykorzystania w praktyce

Streszczenie: Odpady są nieodzownym elementem powstającym w związku z funkcjonowaniem człowieka. Z roku na rok ilość odpadów wzrasta, w szczególności odpadów o długim okresie biodegradacji, takich jak plastik, czy styropian. Jest to negatywne zjawisko, z którym należy walczyć, dlatego udoskonala się metody zagospodarowania odpadów. Jedną z alternatywnych metod utylizacji odpadów jest wykorzystanie owadów, m. in. larw mącznika młynarka (*Tenebrio molitor*). Stwarza to możliwość do opracowania nowej technologii utylizacji odpadów o długim okresie biodegradacji.

Wstęp

Ze względu na coraz większą produkcję odpadów, zwłaszcza odpadów trudnych do rozkładu, takich jak plastik czy styropian, coraz częściej opracowuje się nowe metody i technologie utylizacji odpadów. Jedną z takich metod jest zastosowanie owadów jako elementu przyspieszającego rozkład trudno rozkładalnych cząsteczek (polietylen, polistyren itp.). Niektóre owady posiadają zdolność utylizacji odpadów z tworzyw sztucznych dzięki specyficznym mikroorganizmom znajdującym się w ich przewodach pokarmowych, które potrafią trawić nietypowy pokarm [Bombelli i in. 2017]. Przykładami takich owadów są mącznik młynarek (*Tenebrio molitor* L.), gąsienica motyla zwanego barciakiem (*Galleria mellonella* L.), omacnica spichrzanka (*Plodia interpunctella* Hübner) oraz drewnojad (*Zophobas morio* Fabricius) [Ritter 2017].

Mącznik młynarek (*Tenebrio molitor*) jest pospolitym szkodnikiem produktów przechowywanych, np. mąki [Gołębiowska i Nawrot 1976]. Larwa mącznika charakteryzuje się dużą żarłocznością oraz zdolnością do przetrwania w niekorzystnych warunkach środowiska [Siemianowska i in. 2013]. Na podstawie badań wielu naukowców oraz badań własnych stwierdzono, że larwa mącznika może trawić polistyren, przyczyniając się do zmniejszenia masy tych odpadów. Ponadto udowodniono, że to mikroorganizmy zasiedlające układ pokarmowy mają w tym znaczący udział, ale ze względu na to, że użycie larw jest znacznie tań-

sze niż trudne hodowle i aplikacje mikroorganizmów, to właśnie larwy są proponowane jako naturalny utylizator odpadów [Yung i in. 2015, Kosewska 2018A, Kosewska 2018B].

Celem pracy było stworzenie przykładowej koncepcji wykorzystania mącznika młynarka (*Tenebrio molitor*) jako utylizatora odpadów w praktyce oraz określenia warunków wspomagających jego efektywność.

Materiał i metody

Opracowania koncepcji dokonano na podstawie badań nad mącznikiem młynarkiem jako utylizatorem styropianu, wykonanych w latach 2017 i 2018 [Kosewska 2018A, Kosewska 2018B, Kosewska i in. 2019]. Z przeprowadzonych badań wynika, że styropian jest najlepszym odpadem do utylizacji przez larwy tego gatunku. Przy tym wyborze kierowano się nie tylko ubytkiem masy odpadu strawionego przez larwy, ale ogólną kondycją populacji, średnim przyrostem masy jednego owada oraz aktywnością enzymatyczną wykazywaną przez mikroflorę znajdującą się w jego przewodzie pokarmowym. Badania były oparte na biometrii larw mącznika młynarka oraz parametrach enzymatycznych. Wynikało z nich jednoznacznie, że mącznik młynarek może zostać wykorzystany do utylizacji odpadów polistyrenowych. Całość badań wykonano w rolno-środowiskowym Laboratorium Biologii Molekularnej, znajdującym się w katedrze Entomologii, Fitopatologii i Diagnostyki Molekularnej Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego.

Koncepcja opracowana na podstawie badań wcześniejszych została sporządzona z wykorzystaniem programu Excel. W celu ukazania mocnych i słabych stron przedsięwzięcia zastosowano analizę SWOT.

Wyniki i dyskusja

Możliwość utylizacji odpadów styropianowych przy użyciu larw mącznika młynarka potwierdzona jest szeregiem badań i analiz. Dodatkowo przemawiać za tym wyborem mogą aktualne sposoby utylizacji styropianu, które oparte są głównie na jego spalaniu, co w konsekwencji powoduje emisję szkodliwych substancji do atmosfery [Yang i in. 2018A, Kosewska 2018A, Kosewska 2018B, Kosewska i in. 2019]. Jednak jak będzie wyglądało to w praktyce? Jak zaprojektować owadoboks utylizujący odpady styropianowe, jaką będzie miał on wydajność i jakie warunki należy zapewnić owadom do prawidłowego funkcjonowania? Od tych pytań należy wyjść rozpoczynając tworzenie koncepcji wykorzystania w praktyce larw *Tenebrio molitor* do rozkładu polistyrenu.

Na podstawie prowadzonego w 2018 roku doświadczenia określono, że w czasie 10 tygodni larwy zutylizowały 13,2 % styropianu, co stanowiło 0,66 g

(tab. 1). Można zatem założyć, że przy ośmiokrotnym zwiększeniu zagęszczenia larw (z 100 do 800), przy zachowaniu takich samych warunków w ciągu 10 tygodni udałoby się przerobić 100% początkowej masy styropianu (5 g). Na podstawie tego wyniku można pilotażowo określić liczbę larw mącznika młynarka potrzebną do utylizacji 1 kg odpadów styropianowych. Zakładając, że 800 larw zużyłoby 5 g styropianu w ciągu 10 tygodni, na utylizację 1 kg styropianu potrzeba 160 000 larw. Taka liczba larw przy założeniu, że średnio jedna larwa znajdująca się na diecie styropianowej ma masę 0,05 g [Kosewska i in. 2019], będzie osiągać masę 8000 g, czyli 8 kg. Larwy te powinny znaleźć się w odpowiednio dużym pojemniku (nazwanym na potrzeby koncepcji owadoboksem do utylizacji styropianu). W badaniach własnych użyto pojemniki o objętości 1 dm³ (1 pojemnik dla 100 larw). Można jednak zastosować pojemnik mniejszy o objętości 0,5 dm³ dla 100 larw, dlatego kiedy zastosujemy 160 000 larw pojemnik powinien mieć objętość ok 800 dm³.

Tabela 1. Zmienność masy podłoża i średniej masy 1 larwy *Tenebrio molitor* po karmieniu go styropianem [Kosewska i in. 2019]

	założenie doświadczenia	zakończenie doświadczenia
średnia masa 1 larwy	42,24	66,84
masa podłoża styropianowego	5,00	4,34
% spadek masy podłoża styropianowego	13,20%	

Zakładając w praktyce boksy do utylizacji odpadów styropianowych warto zastosować kilka innowacyjności, pozwalających na lepsze wykorzystanie potencjału larw mącznika jako utylizatora styropianu. Przy tworzeniu takiego boksu należy użyć styropian o większym rozdrobnieniu (mniej niż 0,5 cm), dzięki czemu zmniejszyłyby się wysiłki, które trzeba włożyć w rozdrobnienie większych kawałków styropianu [obserwacje własne].

Długość życia larw mącznika młynarka i idące za tym tempo utylizacji odpadów jest także zależne od stabilności otoczenia, w którym proces utylizacji jest przeprowadzany. Przy zmiennych warunkach trzeba liczyć się z tym, że owad będzie przechodził okresy, w których będzie walczył jedynie o przetrwanie. Nie zajmie się wówczas w sposób wydajny utylizacją styropianu, dlatego warto również zachować lepsze warunki wilgotnościowe i temperaturowe. Warunki te powinny być względnie stałe - temperatura na poziomie 20-25°C, a wilgotność na poziomie 60-80%. Warunki takie można uzyskać prowadząc hodowlę w pomieszczeniach z możliwością kontroli temperatury. Wilgotność natomiast otrzymamy

poprzez regularne zraszanie owadów wodą lub poprzez dodatek odpadów z biomasy (podczas hodowli mącznika młynarka najczęściej stosuje się wodę w postaci warzyw i owoców [www.zooteam.pl]). Odpady z biomasy mogą być dodatkowym źródłem azotu, który pozytywnie wpłynie na rozwój larw mącznika młynarka utylizujących styropian [Kosewska i in. 2019].

W koncepcji warto również zastosować owady, które już wcześniej miały styczność ze styropianem, dlatego przed założeniem docelowych boksów do utylizacji styropianu warto założyć hodowlę mącznika młynarka karmionego produktami zbożowymi z dodatkiem styropianu. Ilość styropianu dodawana do takiej hodowli powinna wzrastać wraz z wiekiem owadów, dzięki czemu larwy które trafią do boksów utylizujących styropian będą lepiej przystosowane do żywienia się nim [Yang i in. 2018B, Brandon 2018].

Przy spełnieniu powyższych warunków ilość rozkładanego styropianu powinna być większa niż ilość wyliczona na podstawie uzyskanych danych, dzięki czemu będzie można w bardziej efektywny sposób utylizować styropian i wprowadzić tę metodę utylizacji na rynek. Metoda ta może cieszyć się dużą popularnością ze względu na swoją innowacyjność oraz niedostatek innych skutecznych metod utylizacji styropianu dostępnych na rynku.

Podsumowując powyższe rozważania zastosowano dodatkowo analizę SWOT wskazującą na ewentualne korzyści bądź zagrożenia wynikające z proponowanego przedsięwzięcia (tab. 2).

Tabela 2. Wady i zalety zastosowania larw *Tenebrio molitor* do utylizacji styropianu

Mocne strony	Słabe strony
1. Utylizacja odpadów trudnych 2. Możliwość przekształcania odpadów PE i PS na nawóz 3. Nowatorski pokarm dla owadów 4. Duża innowacyjność 5. Wykorzystanie szkodnika w pozytywny sposób	1. Długi cykl rozwojowy owada 2. Trudność w ustaleniu warunków bytowania owadów
Szanse	Zagrożenia
1. Niwelowanie ilości odpadów 2. Usprawnienie obiegu materii w przyrodzie	1. Być może – negatywny wpływ na owada 2. Zbyt kosztowny proces w większej skali (na razie) 3. Możliwa niekontrolowana modyfikacja genetyczna owada 4. Pojawienie się efektywniejszych sposobów utylizacji odpadów 5. Wydostanie się mącznika, przystosowanego do innego rodzaju pokarmu, do środowiska naturalnego (zagrożenie dla elewacji styropianowych)

Wnioski

Istnieje możliwość wykorzystania larw mącznika młynarka jako utylizatora odpadów z polistyrenu w praktyce na większą skalę, przy użyciu odpowiednio zaprojektowanych owadoboksów. Należy jednak zapewnić odpowiednie warunki owadom i dogłębniej dopracować technikę w celu zwiększenia wydajności rozkładu odpadów.

Literatura

- Bombelli P., Howe C. J., Bertocchini F., 2017: *Polyethylene bio-degradation by caterpillars of the wax moth Galleria mellonella*, Current Biology, 27 (8): R292-R293.
- Ritter S. K., 2017: *Wax worms take a liking to plastic shopping bags*, Chemical & Engineering News, 95 (18):10-11.
- Gołębiowska Z., Nawrot J., 1976: *Szkodniki magazynowe*, Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa, ss. 273.
- Siemianowska E., Kosewska A., Ajewicz M., Skibiniewska K., Polak-Jaszczuk L., Jarocki A., Jędras M., 2013: *Larvae of mealworm (Tenebrio molitor L.) as European novel food*, Agricultural Sciences, (4) 6: 287-291.
- Yang J., Wu W., Zhao J., Yang R., 2015: *Biodegradation and Mineralization of Polystyrene by Plastic-Eating Mealworms: Part 1. Chemical and Physical Characterization and Isotopic Tests*, Environmental Science & Technology, 49 (20): 12080-12086. DOI: 10.1021/acs.est.5b02661.
- Kosewska O., 2018A: *Porównanie parametrów enzymatycznych w przewodzie pokarmowym mącznika młynarka (Tenebrio molitor L.) w zależności od podawanego pokarmu*, Monografia. Red. Tańska M., Sosna P., „Koła Naukowe szkołą twórczego działania” – Nauki Rolnicze i weterynaryjne. Tom V (2), Wyd. ABADA, Olsztyn, ss. 5 – 16.
- Kosewska O., 2018B: *Zmiany metabolizmu mikrobioty przewodu pokarmowego larw mącznika młynarka (Tenebrio molitor L.) w zależności od skarmiania odpadami różnego typu*, Monografia. Red. A. Bobryk, M. Jasińska, M. Karczewska-Czapska, A. Prusińska, J. Sosnowski, „Kierunki badawczo-rozwojowe młodych”, Siedlce, ss. 251-257.
- Kosewska O., Kosewska A., Przemieniecki S., Sienkiewicz S., 2019: *Alternative ways of foamed polystyrene recycling using insects as an element of sustainable development*, 20th International Scientific Conference, ECONOMIC SCIENCE FOR RURAL DEVELOPMENT, ss. 45-52.
- Yang S.S., Brandon A. M., Xing D.F., Yang J., Pang J.W., Criddle C.S., Ren N.Q., Wu W.M. 2018, *Progresses in Polystyrene Biodegradation and Prospects for Solutions to Plastic Waste Pollution*, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, A, 150: 1-10. doi :10.1088/1755-1315/150/1/012005.
- Yang S.-S., Brandon A.M., Andrew Flanagan J.C., J. Yang, Ning D., Cai S.-Y., Fan H.-Q., Wang Z.-Y., Ren J., Benbow E., Ren N.-Q., Waymouth R. M., Zhou J., Criddle C.S., Wu W.-M., 2018: *Biodegradation of polystyrene wastes in yellow mealworms (larvae of Tenebrio molitor Linnaeus): Factors affecting biodegradation rates and*

- the ability of polystyrene-fed larvae to complete their life cycle*, Chemosphere, B, 191: 979-989, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.10.117>.
- Brandon A.M., Gao S.-H., Tian R., Ning D., Yang S.-S., Zhou J., Wu W.-M., Criddle C.S., 2018: *Biodegradation of Polyethylene and Plastic Mixtures in Mealworms (Larvae of Tenebrio molitor) and Effects on the Gut Microbiome*, Environmental Science & Technology, 52 (11), 6526-6533, DOI: 10.1021/acs.est.8b02301.
- ZOO TEAM. 2014. <http://www.zooteam.pl/zwierzeta/opisy/zwierzeta-karmowe/48-tenebrio-nmolitor-macznik-mlynarek>, 28.05.2019.

Mealworm (*Tenebrio molitor*) as a natural utilizer of hardly degradable waste – the concept of use in practice

Summary: Waste is an indispensable element arising in connection with human activity. The amount of waste is increasing every year, in particular waste with a long biodegradation period, such as plastic or styrofoam. This is a negative phenomenon that must be changed, thus existing waste management methods are constantly improved. One of the alternative methods of waste disposal is the use of insects, among others mealworm (*Tenebrio molitor*). The purpose of the work was creating an exemplary concept of using a mealworm (*Tenebrio molitor*) as a waste utilizer in practice, and determining the conditions that support its effectiveness.

Keywords: polystyrene, *Tenebrio molitor*, utilization