

Remigiusz Gałęcki

MACZNIK MŁYNAREK - HODOWLA W KILKU KROKACH

Podręcznik hodowli mącznika młynarka

Olsztyn 2021 r.

Konsultacja merytoryczna:
dr hab. Tadeusz Bakuła, prof. UWM

Publikacja powstała w ramach projektu
współfinansowanego przez Narodowe Centrum Badań
i Rozwoju programu GOSPOSTRATEG pt.: „Opracowanie
strategii wykorzystania alternatywnych źródeł białka
w żywieniu zwierząt umożliwiającej rozwój jego produkcji na
terytorium RP”. Umowa nr GOSPOSTRATEG1/385141/16/
NCBR/2018. Wartość projektu 5 214 500 zł. Wartość
dofinansowania 4 983 700 zł.

Spis treści

Przedmowa.....	5
1. Biologia mącznika młynarka	7
1.1. Taksonomia.....	9
1.2. Morfologia	11
1.3. Cykl rozwojowy.....	14
1.4. Budowa anatomiczna.....	19
1.5. Dlaczego warto hodować owady	21
1.6. Kilka interesujących kwestii dotyczących behawioru.....	26
2. Aspekty hodowlane	33
2.1. Warunki zoohigieniczne	34
2.2. Pojemniki i zagęszczenie hodowli	38
2.3. Żywienie mącznika młynarka	42
2.4. Rodzaje stad hodowlanych	45
2.5. Chów wsobny i chów niekrewniaczy.....	48
2.6. Dobrostan.....	50
3. Cykl produkcyjny	58
4. Wykorzystanie mącznika młynarka.....	60
5. Prawodawstwo i bezpieczeństwo konsumenta.....	66
6. Kwestie ekonomiczne.....	70
7. Jak zacząć hodowlę w kilku krokach.....	72
8. Słowniczek	77
9. Literatura	81

Przedmowa

Szanowni Państwo,

mamy przyjemność przedstawić Państwu instrukcję hodowli mącznika młynarka (*Tenebrio molitor*) opracowaną w ramach realizacji strategicznego programu badań naukowych i prac rozwojowych „Społeczny i gospodarczy rozwój Polski w warunkach globalizujących się rynków” Nr DZP/GOSPOSTRATEG-I/224/2018 finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju pt.: „Opracowanie strategii wykorzystania alternatywnych źródeł białka owadów w żywieniu zwierząt umożliwiającej rozwój jego produkcji na terytorium RP”. Podręcznik ten jest skierowany do osób potencjalnie zainteresowanych założeniem przydomowej hodowli mącznika młynarka, na niewielką skalę. Jego celem jest zapoznanie czytelników z metodami hodowli tego owada przeznaczonego do żywienia ludzi i zwierząt. Według definicji Komisji Europejskiej „novel food” (nowa żywność) to środek spożywczy, który nie był dotychczas regularnie spożywany przez mieszkańców Unii Europejskiej. Dobrym przykładem „nowej żywności” są produkty przeznaczone do spożycia przez człowieka uzyskane z owadów.

Według prognoz ONZ (2013) w 2050 roku światowa populacja osiągnie 9 mld ludzi. Taki wzrost populacji będzie wymagał zwiększonej produkcji żywności. Ocenia się, że zapotrzebowanie na żywność wzrośnie o 70% w stosunku do obecnego stanu. Aby sprostać temu

wyzwaniu, koniecznym stało się poszukiwanie nowych, alternatywnych źródeł pożywienia dla ludzi i zwierząt. Jednym z takich źródeł staje się przetworzone białko owadzie, które w przypadku niektórych społeczeństw (Ameryka Środkowa, Azja, Afryka) jest od dawna składnikiem diety.

Czy mącznik młynarek jest szkodnikiem? A może mącznik to wartościowy pokarm dla ludzi i zwierząt? Czy tego owada można nazwać jedzeniem przyszłości? Jak można hodować tego owada? Na te i inne pytania postaramy się Państwu odpowiedzieć w tej instrukcji. Staraliśmy się, aby przekazana Państwu wiedza umożliwiła założenie własnej hodowli bez potrzeby zasięgania specjalistycznej wiedzy. Cieszymy się, że możemy Państwu przedstawić informację, które w przyszłości mogą przysłużyć się rozwojowi sektora hodowli owadów na terenie Rzeczypospolitej Polskiej.

Życzymy Państwu owocnej pracy z tymi niekonwencjonalnymi, acz pełnymi zalet i potencjału zwierzętami.

Remigiusz Gałęcki & Tadeusz Bakuła
Katedra Prewencji Weterynaryjnej i Higieny Pasz
Wydział Medycyny Weterynaryjnej
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

1. Biologia mącznika młynarka

Z biegiem lat, mącznik młynarek, ze szkodnika, stał się ciekawym rozwiązaniem dla rolników próbujących podążać za obecnymi trendami, poszukujących alternatywnych rozwiązań w swoim gospodarstwie, czy chcących wykorzystać niezagospodarowane produkty uboczne powstające w trakcie uprawy roślin. Owad ten jest jednym z największych chrząszczy, który jest spotykany w różnorodnych produktach pokarmowych pochodzenia roślinnego. Mącznik młynarek jest gatunkiem występującym na prawie wszystkich kontynentach (z wyjątkiem Antarktydy) i jest spotkany w większości krajów świata. W przyrodzie, owad ten zasiedla środowiska leśne. Zaobserwować można go w próchnowiskach, dziuplach czy pod korą drzew liściastych. Ściółka pokryta liśćmi jest jednym z głównych siedlisk, w których dorosły owad zamieszkuje. Imago dobrze czuje się w ciemnych i ciasnych miejscach. Dlatego też mącznika młynarka można spotkać pod kłodami czy kamieniami. W środowisku naturalnym *Tenebrio molitor* odżywia się rozkładającą się materią organiczną. Zjada gnijące liście, patyki, trawy, a także mniejsze owady, okazjonalnie martwe zwierzęta. Ma to korzystny wpływ na środowisko, ponieważ zjadają materię organiczną, która zwykle nie jest zjadana przez inne organizmy. Są to zwierzęta żerujące nocą, choć zdarza się je obserwować w dzień. Mogą one być również szkodnikami traw, sadzonek i zbóż. Mącznik młynarek w środowisku rzadko ma kontakt z innymi zwie-

rzętami. Jego reakcja obronna polega na przewróceniu się na grzbiet i rozpyleniu substancji o nieprzyjemnym zapachu.

Obecnie owad ten rzadko występuje w naturze, co prawdopodobnie spowodowane jest jego wysoką synantropijnością – to znaczy, że świetnie przystosował się do życia w ekosystemie przekształconym przez człowieka. W Polsce jest pospolitym szkodnikiem, spotykanym szczególnie w: magazynach, mieszkaniach, młynach i piekarniach. Jako szkodnik może być też spotykany w budynkach inwentarskich w szczególności przy systemach żywienia zwierząt a nawet w elementach konstrukcyjnych (drewniane belki, termoizolacja). Larwy mącznika można także znaleźć w miejscach przechowywania żywności dla ludzi.

Unia Europejska postrzega mącznika młynarka i inne owady jako alternatywę dla obecnej sytuacji na rynku pasz. Wykorzystanie owadów jako substratu białkowego uważa się za obiecującą perspektywę w hodowli drobiu, akwakultury, zwierząt towarzyszących a nawet w żywieniu ludzi. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady Unii Europejskiej nr 2015/2283, wprowadziło pojęcie „nowej żywności” (tzw. Novel food), do której zaliczamy owady oraz ich części. Owady mogą być spożywane w postaci sproszkowanej lub w całości, zarówno jako bogata w białko przekąska bądź składnik innych pokarmów. Mączniki mogą być suszone, smażone, gotowane, pieczone a nawet (w krajach Dalekiego Wschodu) spożywane na surowo. Zgodnie z Rozporządzeniem Komisji (UE) 2017/893 z dnia 24 maja 2017 r., jadalne owady (w ich skład wchodzi 7 gatunków) zostały zakwalifikowane przez europejską administrację do kategorii zwierząt gospodarskich. Na podstawie tego przepisu mącznik młynarek stał się zwierzęciem, które może być hodowane na terenie UE w skali wielkotowarowej jak i przydomowej. Wpłynęło to na rozwój sektora hodowli owadów jako nowej gałęzi rolnictwa. Ponadto to niekonwencjonalne „sześcionożne bydło” może stanowić alternatywę dla rolników, którzy z przyczyn niezależnych muszą się przebranżowić.

1.1. Taksonomia

Mącznik młynarek (Linnaeus, 1758) (łac. *Tenebrio molitor*) posiada wszystkie cechy wpisujące go do typu stawonogów, na przykład:

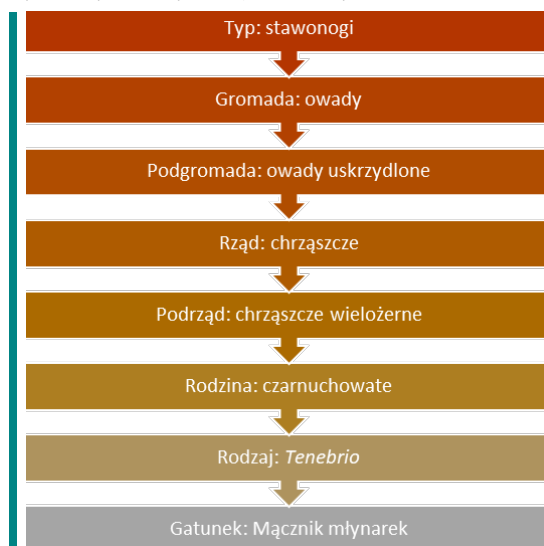
- Posiada chitynowy pancerz utworzony z płytek połączonych ruchomo ze sobą. Stanowi on egzoszkielet (szkielet zewnętrzny), który służy do przyczepu mięśni poprzecznie prążkowanych, oraz jest pierwszą linią obrony przed atakami innych zwierząt. Należy pamiętać, że pancerzyk chitynowy nie rośnie wraz z owadem, przez co jest zrzucany w formie wylinki (linienie). Okres pomiędzy poszczególnymi linieniami nazywa się instarem.
- W cyklu rozwojowym obecne jest stadium larwalne.
- Ma segmentowane ciało, można wyróżnić głowę (caput), tułów (thorax) oraz odwłok (abdomen). Posiada też członowate kończyny (odnóża).

Mącznik młynarek przynależy do gromady owadów (Insecta), ponieważ posiada jedną parę czućek, żuwaczki wraz ze szczękoczułkami oraz 3 pary odnóży. Ponadto z uwagi na obecność skrzydełek (choć bardzo rzadko używanych) zaliczany jest do podgromady owadów uskrzydłonych (Pterygota). Mącznik młynarek jest typowym przedstawicielem rzędu chrząszczy (Coleoptera). Wskazują na to choćby dwie pary skrzydeł z czego pierwsza para przekształcona jest w pokrywę z oskórka chitynowego, chroniącą tułów. Druga para skrzydeł spełnia rolę lokomotoryjną. Co więcej, posiada charakterystyczny dla chrząszczy aparat gębowy typu gryzącego, składający się z wargi górnej, szczęki górnej, szczęki dolnej, wargi dolnej, głąszczek szczękowych i wargowych. Pomimo, że *Tenebrio molitor* odżywia się przede wszystkim pokarmem roślinnym, to jednak są one oportunistycznymi mięsożercami. Dlatego zaliczany jest do podrzędu chrząszczy wielo-

żernych (Polyphaga). W przypadku tego podrzędu, u larw obserwuje się odnóża pięciosegmentowe z pojedynczym pazurkiem na stopie. Mącznik młynarek jest typowym przykładem chrząszcza należącym do rodziny czarnuchowatych (Tenebrionidae).

Sama rodzina czarnuchowatych liczy ponad 20000 gatunków. Jedną z charakterystycznych cech czarnuchowatych, jak sama nazwa wskazuje jest dominacja koloru czarnego na pancerzyku form dorosłych. W biologii istnieje wiele cech typowych dla tej rodziny, przy czym nie mają one znaczenia w hodowli i stanowią one jedynie rozszerzenie do rozważań naukowych. Rodzaj *Tenebrio* spp. obejmuje dwa gatunki, *Tenebrio obscurus* i omawiany *Tenebrio molitor*. *Tenebrio obscurus* z uwagi na swój niewielki rozmiar znalazł jedynie zastosowanie w żywieniu mniejszych zwierząt egzotycznych. W przypadku mącznika młynarka jego zastosowanie i wybór został omówiony w późniejszych rozdziałach.

Ryc. 1. Systematyka mącznika młynarka.



1.2. Morfologia

Morfologia ciała u owadów jest zróżnicowana w zależności od stadium rozwojowego. Rozwój mącznika młynarka ma złożony charakter. Wyróżnia się następujące formy rozwojowe: jaja, larwy, poczwarki i owad dorosły (imago). Budowa ciała pozwala w łatwy sposób rozróżnić *Tenebrio molitor* od innych owadów.

Larwy mają trzy pary odnóży zakończonych pazurkiem. Posiadają jasnobrązowe/kremowe, cylindrycznie wydłużone ciało. Z uwagi na gruby pancerzyk chitynowy, ubarwienie w okolicach głowy i odnóży jest ciemniejsze. Poszczególne segmenty posiadają płytki chitynowe, które pośrodku mają ciemne przebarwienia okolone jaśniejszym zarysem. Na ostatnim segmencie ciała znajduje się mały, rozdwojony wyrostek. Larwy przechodzą od 6 do nawet 23 linień. Wraz z kolejnymi wylinkami rośnie długość i masa ciała owada. Larwy pierwszych stadiów mają około 1-2 mm długości, a przy ostatnich stadiach długość wzrasta do nawet 3 cm. Larwy po zrzuceniu wylinki są białe i miękkie, ale w krótkim czasie nowy pancerzyk chitynowy twardnieje i ciemnieje.

Poczwarki mają około 2 cm długości. Z początku przybierają biały kolor, a wraz z upływem czasu, kolor przechodzi w kremowy. Przyjmują one kształt litery „J”. Zarys ciała poczwarki przypomina formując się ciało dorosłego owada. Już u poczwarek można rozróżnić płeć. Jeśli na brzusznej stronie pygidium (końcu odwłoka) występują dwa drobne ząbki, to wtedy jest to samica.

Imago (postać dorosła) posiada pozbawione ornamentacji, spłaszczone i masywne ciało, pokryte metalicznie błyszczącym pancerzem chitynowym. Ubarwienie zależy od wieku. Bezpośrednio po przeobrażeniu, imago mącznika młynarka ma kolor biały, a po procesach melanizacji przybiera kolor brązowy lub czarny. Posiada wydłużone ciało z równoległymi bokami o długość 12-18 mm. Po-

krywy skrzydeł są długie z wyraźnie zaznaczonymi rzędami. Rzędy pokryw są zaznaczone wgłębioną i punktowaną linią. Skrzydła II pary są dobrze rozwinięte i umożliwiają mącznikowi lot. Przedplecze najszersze jest w 1/3 długości. Czułki nitkowate o położeniu brzeżnym. Dymorfizm płciowy słabo zaznaczony: – u samców przedplecze nieco bardziej wysklepione niż u samic; – różnice w budowie odnóży: u samców przednie golenie są dłuższe i bardziej wygięte niż u samic.

Jak łatwo i szybko rozpoznać mącznika młynarka? Mącznik młynarek przypomina chrząszcze z rodziny biegaczowatych z uwagi na podobną wielkość, kształt i ciemny kolor. Jednak kilka charakterystycznych cech odróżnia *Tenebrio molitor* od innych chrząszczy, w tym kształt i wygląd odwłoka. Podobnie jak wiele innych chrząszczy, brzuch mącznika młynarka jest równomiernie podzielony na dwa segmenty, a skrzydła są bezpiecznie ukryte pod spodem. Charakterystyczną cechą mącznika są równo podzielone, liniowe rowki biegnące na całej długości odwłoka. Mniej zauważalną cechą różnicującą jest to, że mącznik młynarek ma tylko cztery segmenty stępu na tylnych łapach, w przeciwieństwie do większości chrząszczy naziemnych które posiadają pięć segmentów. Ta cecha powoduje, że omawiany gatunek nie potrafi szybko się poruszać, tak jak inne chrząszcze. Morfologicznie, mącznik młynarek jest bardzo podobnym owadem do swojego bliskiego krewnego – pleśniakowca lśniącego (łac. *Alphitobius diaperinus*). Kluczowe różnice między tymi dwoma chrząszczami dotyczą wielkości i kształtu ich tułowia i odwłoka. Mącznik młynarek posiada bardziej prostokątny brzuch, zaokrąglony na końcu, a także szerszą klatkę piersiową równą szerokości brzucha. Pleśniakowiec lśniący ma bardziej kulisty kształt odwłoka, który na końcu tworzy ostrzejszą końcówkę. Pleśniakowiec lśniący posiada węższą klatkę piersiową w porównaniu z szerokością brzucha. Poniżej przedstawiono wygląd form rozwojowych mącznika młynarka.

Ryc. 2. Larwa mącznika młynarka w przybliżeniu.



Autor: AJC1, <https://www.flickr.com/photos/ajc1/16688250746>. (CC BY-SA 2.0)

Ryc. 3. Głowa i kończyny mącznika młynarka.



Autor: Krümelomat, <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mehlwurmzangen.jpg>. (Domena publiczna)

Ryc. 4. Formy rozwojowe *Tenebrio molitor*.



Ryc. 5. Porównanie mącznika młynarka i pleśniakowca lśniącego.



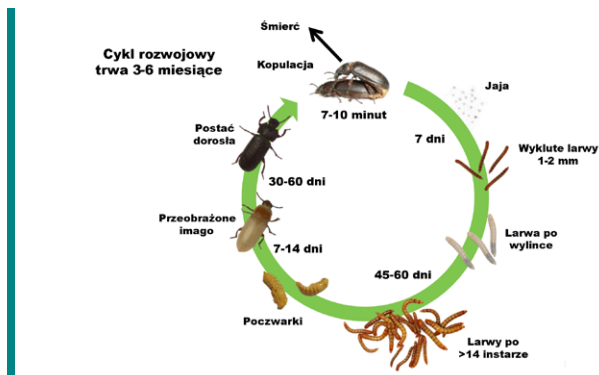
Mącznik młynarek posiada złożony cykl rozwojowy. Oznacza to, że w trakcie cyklu życiowego występuje larwa jako forma młodociana, poczwarka jako forma spoczynkowa i imago jako postać dorosła. W warunkach hodowanych cykl rozwojowy *Tenebrio molitor* jest krótszy niż w środowisku.

Mącznik młynarek charakteryzuje się wysokim potencjałem rozrodczym. Sam proces rozrodu można podzielić na trzy etapy. Pierwszym etapem jest aktywne poszukiwanie samic przez samce. Skutkuje to licznymi pogoniami po całej hodowli. Na pierwszy rzut oka zjawisko to może być nieprawidłowo interpretowane przez początkujących hodowców jako zachowania kanibalistyczne. Drugim etapem jest kopulacja. Samiec wchodzi na samice i wprowadza prącie

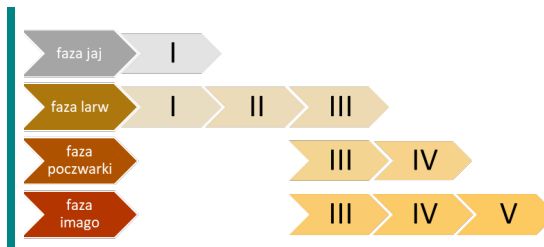
do dróg rodnych oraz wstrzykuje paczkę nasienia. Ostatnim, trzecim etapem jest złożenie zapłodnionych jaj przez samicę. Odbywa się to 3-4 dni po kopulacji. W tym celu samice zakopują się w ściółce i składają jaja w jak najbliższej odległości od pokarmu. Samica mącznika w ciągu 1-2 miesięcy (okres życia imago) składa do 400-500 jaj. Rozwój od jaja do larwy, w odpowiednich warunkach zajmuje około 7 dni. Trzeba pamiętać, że nawet niewielkie odchylenia warunków środowiskowych (w szczególności temperatury) mogą wydłużyć ten okres do 3 tygodni. W warunkach hodowlanych, larwy w ciągu maksymalnie 2 miesięcy przechodzą od 9 do 23 linień. Zwykle około 25% larw kończy formę młodocianą na 17 instarze. Liczba instarów, a tym samym czas rozwoju stadiów młodocianych uzależniony jest od temperatury i wilgotności panującej w hodowli.

Larwy, które wychodzą na powierzchnię podłoża oraz przybierają kształt litery „J” są gotowe do przepoczwarczenia. Czas potrzebny na rozwój od jaja do stadium poczwarki wynosi około 45-60 dni. Czas przepoczwarczenia się do formy imago jest również powiązany z temperaturą i wilgotnością. W optymalnych warunkach powinien trwać maksymalnie 2 tygodnie. Świeżo przepoczwarczone imago mają kolor mleczny i wraz z czasem przybierają kolor brązowy a następnie czarny. Forma dorosła mącznika młynarka może przeżyć nawet 173 dni, przy czym średnia długość życia w hodowli wynosi około 32-62 dni (w zależności od doniesień naukowych). Cały cykl rozwojowy *Tenebrio molitor* w hodowli, można zamknąć w około 16 tygodni przy temperaturze około 30°C. Oprócz temperatury na szybkość przeprowadzenia pełnego rozwoju wpływa dostępność tlenu, wilgotność, zagęszczenie, żywienie i fotoperiod.

Ryc. 6. Cykl rozwojowy w trakcie przykładowego procesu hodowlanego.



Ryc. 7. Rozwój mącznika młynarka od larwy do osobnika dorosłego w miesiącach.



Ryc. 8. Larwy mącznika młynarka.



Ryc. 9. Przejście larwy *Tenebrio molitor* w stadium poczwarki.



Ryc. 10. Poczwarki *Tenebrio molitor*, w różnej fazie wzrostu.



Ryc. 11. Poczwarki chwilę przed przeobrażeniem.



Ryc. 12. Postać dorosła po przepoczwazeniu.



Ryc. 13. Rozwój ubarwienia u mącznika młynarka w czasie.



Ryc. 14. Kopulacja mącznika młynarka.



1.4. Budowa anatomiczna

U owadów, tak jak u innych organizmów wyróżniamy systemy narządów odpowiedzialne za podstawowe funkcje życiowe. Poznanie ich roli w organizmie pozwala lepiej zrozumieć potrzeby i zachowania mącznika młynarka.

Układ nerwowy *Tenebrio molitor* zbudowany jest ze zwoju mózgowego znajdującego się w głowie, trzech zwojów piersiowych i siedmiu zwojów brzusznych. Zwoje piersiowe i brzuszne tworzą złożoną siatkowaną strukturę przesyłającą impulsy nerwowe do całego ciała.

Mącznik młynarek, posiada charakterystyczny dla owadów otwarty układ krążenia, w którym płynie hemolimfa. *Tenebrio molitor* posiada segmentowane serce w kształcie rurki z komorami, przymocowane do grzbietowej ściany hemocelu (jamy ciała). Hemolimfa krąży przez system naczyń z ujściami i wlotami zlokalizowanymi na całej długości ciała. Pozwala to na prawidłowe krążenie hemolimfy po hemocelu i jamie głowowej.

U *Tenebrio molitor* układ oddechowy składa się z systemu tchawek, tworzący sieć rozwidlających się rurek. Przetchlinki umiejscowione na powierzchni ciała umożliwiają oddychanie powietrzem atmosferycznym. Ponadto posiadają one wyspecjalizowane organy zamykające, służące zabezpieczeniu organizmu przed nadmierną utratą wody.

Od dużych pni tchawkowych odgałęziają się coraz mniejsze tchawki aż do osiągnięcia rozmiaru poniżej 1 μm . Tracheole, czyli końcowe tchawki penetrują całe ciało. Są one zdolne do wnikania do światła komórek. Należy wspomnieć, że końcowe tchawki są wypełnione płynem, w którym dochodzi do rozpuszczania się gazów. Umożliwia to wymianę dwutlenku węgla na tlen.

Przewód pokarmowy mącznika młynarka jest przystosowany głównie do diety roślinnej, ale jest również w stanie strawić pokarm pochodzenia zwierzęcego. Układ trawienny zaczyna się wąskim i krótkim gardłem, które prowadzi do wola. Następnym organem jest słabo rozwinięty żołądek. Jelita dzieli się na jelito środkowe, jelito ślepe, jelito tylne i odbytnicę. Odcinki przewodu pokarmowego posiadają różną długość, uzależnioną od wypełnienia treścią i stadium rozwojowego. Trawienie pokarmu przebiega przede wszystkim w jelicie środkowym za pomocą enzymów. Na skuteczność konwersji paszy ma wpływ także flora przewodu pokarmowego. Do przewodu pokarmowego swoje ujście mają cewki Malpighiego będące swoistym narządem wydalniczym. W cewkach kumulują się metabolity przemiany materii w tym kwas moczowy oraz jony np. potasu czy sodu. Następnie wraz z wodą są one wydalone do jelita tylnego, gdzie mieszają się ze strawionym pokarmem, a później są wydalone z kałem. Woda i jony mogą być ponownie absorbowane przez ścianę jelita.

Ryc. 15. Przewód pokarmowy mącznika młynarka.



1.5. Dlaczego warto hodować owady

Dlaczego warto w ogóle zainteresować się tematyką jadalnych owadów? Obecna sytuacja w sektorze produkcji rolnej i spożywczej stawia przed nią nowe wyzwania. Wyjątkowo cenne dla tych sektorów są alternatywne źródła białka. W przyszłości jego niedobór może być odczuwalny w rolnictwie. Naukowcy zauważyli potencjał w jadalnych owadach. Okazało się, że można je wykorzystać w żywieniu ludzi i zwierząt. Owady w diecie człowieka nie są niczym nowym i w wielu kulturach stanowią element codziennej diety. Owady wykorzystywane są jako pożywienie w większości krajów tropikalnych, podczas gdy w kulturze zachodniej nie stanowią nawet odsetka wykorzystywanej żywności. W Polsce do niedawna owady trafiały na talerz przez przypadek lub w formie egzotycznej potrawy.

Warto zauważyć, że wykorzystanie owadów jako paszy jest powrotem do naturalnych zachowań i diety zwierząt udomowionych.

Jedzenie owadów przez zwierzęta jest czymś naturalnym, wystarczy spojrzeć na wiele gatunków utrzymywanych przez człowieka tj. ryby, gady oraz ptaki. Hodowla owadów może być dobrze rokującym pomysłem, a dowodów na to można szukać w wielu krajach Europy i świata. W samej Europie istnieje wiele firm, które rozwinęły wielkotowarową hodowlę owadów. W Unii Europejskiej owady zostały uznane za zwierzęta gospodarskie. Owady posiadają dobry skład odżywczy porównywalny do ryb czy drobiu. Raport ONZ wskazuje, że jadalne owady mogą być rozwiązaniem problemu głodu na świecie. Wierzy się też, że niedługo te niekonwencjonalne zwierzęta będą stanowiły zrównoważoną i przyjazną dla ekologii branżę produkującą białko i inne substancje na potrzeby ludzi i innych zwierząt.

Owady spotyka się na prawie każdym kroku. Ich liczbę określa się na ponad 2 mln gatunków, przez co są największą grupą zwierząt. Konsumpcja owadów, znana jako entomofagia, wzbudza coraz większe zainteresowanie jako potencjalne rozwiązanie problemu wyżywienia społeczeństwa w nadchodzących latach. Przyjmuje się, że ponad 2000 gatunków owadów uznaje się za jadalne, zgodnie z kalkulacjami Food and Agriculture Organization oraz „Listy jadalnych owadów świata” prowadzonej przez Uniwersytet w Wageningen. Obecnie uważa się, że rynek hodowli owadów będzie się dynamicznie rozwijał. Jego wzrost szacowany jest na około 1,2 mln ton rocznej produkcji w roku 2025. Białko owadzie powstałe w trakcie różnych procesów technologicznych zaliczamy do tzw. – PAP, czyli przetworzonego białka zwierzęcego. Aż 78% producentów owadów funkcjonujących na terenie Unii Europejskiej uważa, że ich produkty w przyszłości będą stanowić wartościowy substrat do produkcji paszy.

Ważne z punktu widzenia kosztów i ekologii jest to, że hodowla owadów może przebiegać na produktach ubocznych powstałych w rolnictwie i przemyśle spożywczym a także na przeróżnych pozostałościach z gospodarstw domowych. Umożliwia to odzyskanie

wartości odżywczych z produktów przeznaczonych do wyrzucenia i utylizacji. Takie biologiczne przetwarzanie organicznych odpadów wpisuje się rozwój zielonej gospodarki w sektorze rolnym oraz stanowi interesujący wkład w zrównoważony rozwój rolnictwa w Polsce i na świecie. Obecnie, uznaje się, że hodowla jadalnych owadów może przynieść korzyści w hodowli zwierząt a nawet w żywieniu ludzi.

Na świecie jak już wspomniano, spożywa się wiele gatunków owadów, ale nie wszystkie jesteśmy w stanie hodować. Ograniczeniami są specyficzne warunki środowiskowe, czy po prostu nierentowność hodowli. Tak więc, z grupy ponad 2000 gatunków trzeba było wybrać owady, które człowiek będzie w stanie hodować na masową skalę. Za taką skalę należy uznać produkcję 1 tony żywych owadów dziennie. Dobór odpowiednich gatunków był jednym z celów projektu pt. „Opracowanie strategii wykorzystania alternatywnych źródeł białka owadów w żywieniu zwierząt umożliwiającej rozwój jego produkcji na terytorium RP” realizowanego w ramach strategicznego programu badań naukowych i prac rozwojowych „Społeczny i gospodarczy rozwój Polski w warunkach globalizujących się rynków” Nr DZP/GOSPOSTRATEG-I/224/2018 finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. Sam wybór gatunków o najlepszych właściwościach do hodowli stanowił trudne zadanie. Przyjęto, że gatunki owadów do hodowli wielkotowarowej powinny spełniać następujące cechy: brak dużego zaangażowania człowieka w chów owadów, niskie wymagania utrzymania, szybki przyrost masy ciała, krótki cykl rozwojowy, wysoką przeżywalność stadiów młodocianych, plastyczność diety, wysoka biokonwersja paszy, wysoka odporność na patogeny, zdolność do życia w zagęszczeniu i wysoka rozrodczość. Należy również wspomnieć o wielu ważnych czynnikach jak na przykład: łatwość utrzymania odpowiedniego środowiska, wymagania żywieniowe pozwalające na zastosowanie szerokiego zakresu pokarmów, odporność na niekorzystne warunki mikroklimatyczne (szczególnie na wahania

temperaturowe), potencjał w żywieniu ludzi i zwierząt i możliwość wykorzystania odpadów organicznych. Istotne było także określanie optymalnych parametrów hodowli owadów i technologii ich produkcji. W projekcie rozpatrywano kilka potencjalnych gatunków owadów. Dwa z nich zostały uznane jako najbardziej odpowiednie dla polskich warunków. Jednym z nich jest właśnie mącznik młynarek.

Dla *Tenebrio molitor* odpady organiczne mogą służyć jako podłoże do utrzymania hodowli. Dzięki temu można przekształcić odpady w wysokowartościowy produkt. Ponadto cykl rozrodczy tych owadów jest względnie krótki, a ilość składanych przez samice jaj umożliwia podtrzymanie stada podstawowego (rozrodowego) i utworzenie stad produkcyjnych. Hodowla tego owada prowadzi do minimalnej emisji gazów cieplarnianych i zużycia wody w porównaniu z konwencjonalnymi zwierzętami hodowanymi. Warto również wspomnieć, że hodowla mącznika młynarka zajmuje znacznie mniejszą powierzchnię użytkową w przeciwieństwie do innych zwierząt hodowlanych. W przypadku owadów utrzymuje się wiele stad na kilku poziomach, dzięki czemu owady można hodować na m³, a nie na m² tak jak świnie czy bydło. Do wyprodukowania 1 kg białka wysokiej jakości z mącznika młynarka, potrzeba o wiele mniej pokarmu w stosunku do innych zwierząt hodowlanych oraz owadów. Nie bez znaczenia jest fakt, że dla *Tenebrio molitor* zostały już opracowane strategie produkcji przemysłowej wraz z odpowiednimi aspektami bezpieczeństwa. Na rynku są też dostępne przeróżne artykuły popularno-naukowe czy przewodniki dotyczące wymagań technologicznych, biologii oraz metod hodowli mącznika młynarka.

Oprócz wyżej wspomnianych aspektów warto zaznaczyć, że mącznik młynarek jest naturalnym składnikiem diety zwierząt dzikich. Larwy tego owada są bogate w białko. Ponadto mają profil aminokwasowy, który porównuje się do soi czy łososia. Profil kwasów tłuszczowych larw mącznika młynarka można przyrównać

do ryb takich jak łosoś czy pstrąg. Owad ten charakteryzuje się wysoką zawartością kwasów tłuszczowych tj. linolowego (omega-6) i α -linolenowego (omega-3), oraz wysoki poziom kwasu oleinowego i laurynowego. Ciekawe jest również to, że w larwach występują przeciwdrobnoustrojowe peptydy. Zawartość procentowa chityny w larwie mącznika młynarka nie powinna wywołać negatywnych efektów po spożyciu. Nadmienić trzeba, że produkty pochodzenia owadziego zawierają składniki odżywcze, które w żywieniu zwierząt trzeba dodatkowo suplementować np. witaminy czy pierwiastki. Owady te są bezpieczne pod kątem mikrobiologicznym i przy zastosowaniu odpowiednich standardów higieny, istnieje niskie ryzyko przenoszenia przez nie chorób. Na koniec warto przytoczyć opinie Europejskiego Urzędu ds. Bezpieczeństwa Żywności potwierdzającą, że produkty z larw mącznika młynarka są bezpieczne, zgodnie z wymogami i szczegółowymi procedurami oceny określonymi przez prawodawstwo Unii Europejskiej (UE) dotyczące nowej żywności (rozporządzenie (UE) 2015/2283).

Rada Unii Europejskiej dnia 04.05.2021 po przeprowadzonej analizie Europejskiego Urzędu ds. Bezpieczeństwa Żywności (EFSA) wpiisała mącznika młynarka do katalogu produktów „nowej żywności”. Wykazano, że larwy są bogatym źródłem białka, tłuszczu i błonnika. Mogą więc służyć za „zrównoważone źródło pożywienia o niskiej emisji dwutlenku węgla”.

Ryc. 16. Mącznik młynarek jako przekąska (smak zależy od użytych przypraw).



1.6. Kilka interesujących kwestii dotyczących behawioru

Tenebrio molitor, tak jak każde zwierzę hodowlane charakteryzuje się zachowaniami specyficznymi dla gatunku. Warto je poznać, gdyż dzięki nim z łatwością można zaobserwować odstępstwa od jego naturalnego behawioru.

W trakcie rozrodu, mącznik młynarek wykazuje wiele charakterystycznych zachowań kopulacyjnych. Postacie dorosłe tego owada są zdolne już na 2 dzień po przepoczwarczeniu do rozrodu. Większość jednak kopuluje w 3 dniu. Po 5 dniach prawie wszystkie postacie dorosłe powinny być po pierwszym kryciu. Młode samice w odróż-

nieniu od młodych samców wcześniej inicjują stosunek. Stwierdzono, że zagęszczenie, zwiększa sukces reprodukcyjny młodych imago *Tenebrio molitor*. Postacie dorosłe aktywnie poszukują partnera do krycia, przez co sugeruje się, że nie ma krytycznego maksymalnego zagęszczenia dorosłych dla powodzenia reprodukcji. Co ciekawe atrakcyjność samców dla samic wzrasta wraz długością życia owada. Sama pozycja w jakiej owady kopulują nie ma większego znaczenia dla rozrodczości. Nawet usunięcie jednego z czułek lub głaszczki nie wpływa znacząco na atrakcyjność. Dopiero usunięcie obu czułek i głaszczek całkowicie zahamowało zachowania godowe samców podczas zachowań kopulacyjnych. Samce wykazują następujące zachowania godowe: machanie lub falowanie czułkami oraz unoszenie przedniej części ciała w trakcie wykrycia samicy. Dalsza sekwencja godowa polega na stukaniu w czułki, ocieranie się o samicę. Na koniec samiec zbliża się do koniuszka odwłoka samicy. Wydaje się, że owady wykazują lewostronność lub prawostronność w doborze partnera. W hodowli dochodzi również do silnej rywalizacji pomiędzy samcami, przez co owady wytworzyły mechanizmy obronne pozwalające na ochronę swojego materiału genetycznego.

Wiele zachowań tych owadów jest uzależnionych od środowiska w jakim żyją. Co ciekawe, owady są w stanie „uczyć” się podstawowych zależności i je zapamiętywać nawet po przepoczwarczeniu. Dorosłe owady są w stanie szybciej na nowo nauczyć się pewnych zachowań, które wcześniej wykonywały jako larwy.

Mącznik młynarek jest bardzo ruchliwym owadem, przy czym praktycznie mało który ruch jest przypadkowy. Ściółka, kubatura hodowli oraz zagęszczenie mają istotny wpływ na szybkość, długość ruchu a nawet ilość kroków jakie owad wykonuje. Wiek, płeć czy masa ciała nie wpływa na ruchliwość owadów. Mobilność pozwala owadom lokalizować podstawowe zasoby takie jak partner, pokarm, miejsce do złożenia jaj czy schronienie. Umożliwia też przemieszczać

się owadom do środowiska o sprzyjających warunkach. Analogicznie mobilność i wysoka aktywność pozwalają tym owadom na unikanie zagrożenia lub przemieszczanie się z niekorzystnego środowiska. To zachowanie (tj. przenoszenie się i gromadzenie do jednego miejsca) może być wskazówką, że w hodowli dzieje się coś złego. Mączniki kierują się zwykle zmysłami, w tym najważniejszym – węchem, następnie dotykem i na samym końcu wzrokiem. Orientację przestrzenną określić jako wielozmysłową. Na behavior i odbiór środowiska może mieć znaczenie również wiek i płeć owada, liczba kryć, nawodnienie i dieta. Owady zwykle wybierają najkorzystniejsze miejsce do żerowania, które będzie się charakteryzowało odpowiednimi właściwościami fizyko-chemicznymi, odpowiednią wilgotnością i temperaturą.

Dorośle postaci mącznika młynarka wykazują silne reakcje behawioralne na wilgoć. Wyraźnie zauważalne jest to w przypadku wrzucenia świeżych warzyw/owoców do hodowli. Owady wręcz rzucają się na wilgotny pokarm. Kiedy osobnikom o prawidłowym nawodnieniu ciała proponuje się produkty wilgotne, wykazują one mniejsze zainteresowanie. Zbyt duża wilgotność ściółki, w dłuższej perspektywie, prowadzi do gromadzenia się owadów w bardziej suchym regionie. Gdy najwyższa dostępna wilgotność względna nie przekracza 70%, reakcja jest niewielka, choć widoczna. Wraz ze spadkiem wilgotności w hodowli, intensywność żerowania gwałtownie spada. Reakcja na wilgoć u stada wynosi maksymalnie 15 minut. Co ciekawe, owady wyszukują produktów wilgotnych tylko wtedy, gdy wyczuwają zmiany wilgotności w hodowli a nie w przypadku niedoboru wody w organizmie. Sugeruje to, że bardzo ciężko stwierdzić niedobór wilgotności w hodowli jedynie po zachowaniu owadów. Receptorami wilgotności są prawdopodobnie wyspecjalizowane narządy ulokowane na czułkach.

Owady mogą reagować nawet na słabe pole elektromagnetyczne. Okazuje się, że może ono modyfikować zachowania istotne dla cyklu

produkcyjnego. Wspomniane pole może powodować zaburzenia orientacji. Prawdopodobnie owady mogą odbierać ziemskie pole magnetyczne, które służy im do nawigacji. Po dłuższej ekspozycji na ten czynnik może dochodzić do przyzwyczajenia się na bodziec. Wpływ pola elektromagnetycznego na owady może mieć jednak charakter okresowy. Opisywane pole może zaburzać drogę do pokarmu a tym samym może zmniejszać ilość pobieranego paszy. Należy się więc wystrzegać kabli i wysokiego napięcia wokół pojemników hodowlanych.

Bodźce optyczne, w szczególności światło, mogą wpływać na zachowanie *Tenebrio molitor*. Ogólnie przyjmuje się, że mącznik posiada fototropizm ujemny, co oznacza, że ucieka od światła. Owady te, pod wpływem światła znacznie częściej wykonują przystanki podczas chodzenia. Nawet ruchy skręcania mogą być powiązane z reakcjami optycznymi. Obserwuje się również rytmiczne i dobowe zmiany aktywności i wrażliwości oczu. Wzrok ma bezpośredni wpływ na żywotność owadów. Samo światło może wywoływać reakcje pamięciowe. Dla przykładu, owady mogą się przyzwyczaić, że zapalenie światła oznaczać może zadanie pokarmu, a tym samym prowadzi to do wzrostu aktywności. Co więcej przebadano reakcje owadów po dłuższym wystawieniu na poszczególne źródła światła i wykazano, że silniej reagują one na światło LED niż na żarowe. Samo światło może też powodować, zakopywanie się owadów w podłożu, co jednak nie ma znaczenia hodowlanego.

Ogólnie rzecz ujmując, aktywność i cykl życiowy *Tenebrio molitor*, w dużej mierze jest uzależniony od temperatury. Generalnie przyjmuje się, że wraz ze wzrostem temperatury, rośnie również aktywność tych owadów. Temperatura środowiska wpływa w znaczący sposób na metabolizm tych owadów. Wzrost temperatury powoduje spadek tłuszczu w larwach na korzyść białka. Mącznik młynarek posiada ograniczoną zdolność do reagowania na wahania temperatury

w krótkich odstępach czasu. W przypadku wysokich temperatur, owady dostosowują swoje zachowanie, aby uniknąć szkodliwych skutków przegrzania. Zaliczyć do tego można np. zwiększoną częstotliwość oddychania. Zbyt niska temperatura powoduje, że owady stają się apatyczne oraz zaczynają się tłoczyć w jednym miejscu. Przy bardzo niskiej temperaturze dochodzi do odrętwienia, a w temperaturze poniżej 0°C wchodzi w stan hibernacji (przy krótkotrwałym wystawieniu owadów na ten czynnik). Mrożenie owadów jest jedną z metod ich uśmiercania i przechowywania. Aby sprawdzić czy hibernacja/uśmiercanie owadów zostało przeprowadzone prawidłowo, należy sprawdzić, czy dochodzi do reakcji po dotknięciu kończyn, czutek i żuwaczek. W przypadku braku reakcji proces uważamy za przeprowadzony pomyślnie. U owadów dochodzi również do aklimatyzacji do zimniejszych temperatur, jednak należy to przeprowadzać stopniowo. Ponadto taka aklimatyzacja (pomimo braku apatii) wciąż będzie negatywnie wpływała na sukces produkcyjny.

Poczwarki mącznika młynarka, choć na pierwszy rzut oka bierne, są w stanie odbierać bodźce ze świata zewnętrznego. Są one zdolne do ruchu oraz komunikacji z innymi osobnikami. Ruch ogranicza się do rotacji lub skurczów odwłoka. Po dotknięciu ruch ten jest wyraźnie widoczny, ale nawet bez stymulacji poczwarki wykonują, niewidoczne dla oka ruchy rzędu poniżej mikrona. Poczwarki reagują spontanicznie i są bardzo wrażliwie na bodźce dźwiękowe, mechaniczne lub świetlne. Poczwarki reagują nawet na pole magnetyczne ziemi. Okazują się, że to pole wpływa na ruchliwość poczwarek, w tym na liczbę skurczów odwłoka. Może to wynikać z próby usytuowania się poczwarki w jak najlepszej pozycji. Zaskakujące są też zdolności sensoryczne i behawioralne poczwarek mącznika młynarka. Potrafią one wyczuwać środowiska nadmiaru i niedoboru tlenu a tym samym ich unikać. Dlatego zauważyć można, że poszczególne stadia rozwojowe mącznika są w stanie wyczuć gazowe środowisko.

Interesujące z punktu widzenia hodowli są zachowania żywieniowe. Owady aktywnie regulują stosunek spożycia białka i węglowodanów. Najlepszy stosunek białka do węglowodanów wynosi 1:1. Bilans ten ma szczególnie ważny wpływ na długość życia postaci dorosłych oraz zdolność do rozrodu. Gdy wspomniany stosunek białka do węglowodanów zostaje zachowany, to doprowadza on do lepszych sukcesów produkcyjnych. Dlatego też, przy podaniu owadom produktu wysokobiałkowego, zawsze warto również dodać produkt posiadający dużą zawartość węglowodanów. Spożycie żywności o niezrównoważonej wartości odżywczej może spowodować znaczne osłabienie zdolności produkcyjnych owadów. Sam bilans nie ma jednak wielkiego znaczenia na przeżywalność owadów. Zwykle wpływ braku równowagi żywieniowej na masę ciała owadów może być rekompensowany przez późniejszą selekcję pokarmów uzupełniających. Dlatego też owady, które były np. pozbawione białka, w pierwszej kolejności wybiorą produkty o wysokiej zawartości tego składnika. Owady same potrafią regulować podaż pokarmu względem potrzeb żywieniowych. Szybkość cyklu produkcyjnego jest również uzależniona od żywienia. Okazuje się, że w przypadku różnorodności żywienia, uzyskuje się najlepsze przyrosty w populacji. Dlatego czasem warto owady poobserwować, aby zobaczyć jaki pokarm preferują najbardziej. Wskaże to jakich pokarmów mączniki wyszukują, a tym samym pozwoli na określenie ewentualnego pokarmu uzupełniającego.

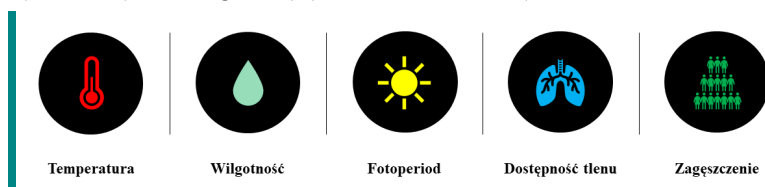
Różnice w zachowaniu owadów mogą bezpośrednio wskazywać na problemy, które zaistniały w hodowli. Nawet niewielkie odchylenia obserwowane przez hodowcę mogą wskazywać na problemy zoohigieniczne lub wniknięcie czynników etiologicznych do stada. Wiele czynników chorobotwórczych zmienia zachowanie owadów na przykład zanik zachowań obronnych bądź zmniejsza przyjmowanie pokarmu. Takie owady wręcz narażają się na potencjalne zagrożenie

nie. Dobrym przykładem jest zarażenie gregarynami (pasożyty), które osłabiają rozrodczość, zmniejszają pobieranie pokarmu, zwiększają śmiertelność czy powodują zamieranie hodowli. Nadmierna populacja roztoczy może zmieniać behawior. Powodują one u owadów częstsze czyszczenie antenek, ocieranie się o przedmioty czy wręcz zachowania konwulsyjne. Objawy dla wspomnianych przypadków pojawiają się po około tygodniu od wystąpienia problemów. Wspomniane czynniki powodują duży stres u owadów. Na szczęście owady te mają zdolność do unikania infekcji. Warto wspomnieć, że samce znacznie rzadziej zarażają się patogenami, co może być związane np. z mniejszą masą pobieranego pokarmu, lub krótszą długością życia.

2. Aspekty hodowlane

Jeśli stworzy się odpowiednie warunki dla mącznika młynarka, to hodowla jest w stanie uzyskać większe korzyści z jego utrzymania. Oczywiście w kwestii hodowli na niewielką, przydomową skalę, na potrzeby własne, wspomniane wymogi mogą generować dodatkowe koszty. Jednak w przyszłości pozwolą uzyskać sukces hodowlany. W trakcie całego cyklu produkcyjnego głównym efektem, który należy uzyskać jest duża liczba larw o wysokiej masie ciała. Jest to uzależnione od wielu czynników. Zaliczyć do nich można temperaturę, wilgotność, fotoperiod, dostępność tlenu, zagęszczenie i żywienie. Czynniki te są szczególnie ważne dla sukcesu ekonomicznego hodowli oraz pozwalają zwiększyć możliwości produkcyjne stada.

Ryc. 18. Czynniki mogące wpływać na mącznika młynarka w hodowli.

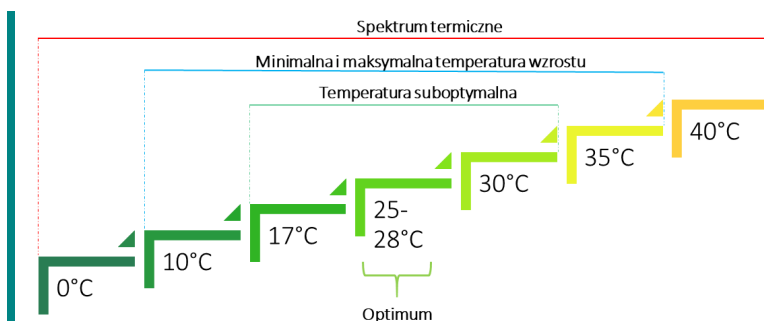


2.1. Warunki zoohigieniczne

Warunki środowiskowe panujące w hodowli mają ogromny wpływ na sukces produkcyjny i ekonomiczny. Szybkość cyklu rozwojowego w głównej mierze jest uzależniony od temperatury. *Tenebrio molitor* posiada bardzo szeroki zakres temperatur (0-40°C), w których może przeżyć. Jednak zły dobór spowoduje, że owady nie będą się prawidłowo rozwijać. Zwiększona śmiertelność wśród tych owadów pojawia się poniżej 8°C, a minimalna temperatura wzrostu dla mącznika młynarka wynosi około 10°C. Do zahamowania przyrostów dochodzi również powyżej 35°C, a temperatura, w której dochodzi do zamierania stada wynosi ponad 40°C. Aby uzyskać korzystne wyniki hodowlane, mącznika młynarka powinno się utrzymywać w przedziale temperatury od 17°C do 30°C. Zgodnie z literaturą, najlepsza temperatura dla rozwoju *Tenebrio molitor* znajduje się w przedziale 25-28°C. Co nam to da? W zakresie temperatury 25-28°C, cały cykl produkcyjny można zamknąć w około 16 tygodni. Oto kilka przykładów z literatury naukowej.

W naturalnych warunkach czas od złożenia jaja do wyklucia trwa około 14-21 dni. W warunkach hodowlanych w temperaturze 26-30°C wyklucie trwa tylko 4 dni. W przypadku temperatury 15°C, klucie może trwać nawet 34 dni. Innym przykładem potwierdzającym, że temperatura jest niezwykle istotna jest wzrost larw. W temperaturze 20°C, larwy gotowe do zbioru uzyska się w 12-18 miesięcy, a przy 25-28°C, czas skracamy do 3-5 miesięcy. Dzięki temperaturze można też skrócić czas przeobrażenia w postać dorosłą. W temperaturze 15°C przeobrażenie poczwarki wynosi 30 dni, a w temperaturze 25-28°C czas wystarczy około 7-14 dni. Optymalna temperatura wpływa też na przeżywalność postaci dorosłych, co przekłada się na większą liczbę złożony jaj.

Ryc. 19. Zakresy temperaturowe w hodowli mącznika młynarka.

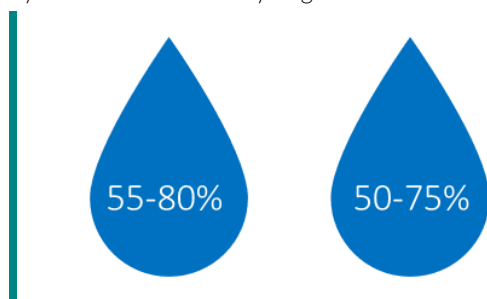


Oczywiście pamiętać trzeba, że zadana temperatura musi panować w hodowli przez 24 godziny. Dlatego też należy zadbać o odpowiedni osprzęt techniczny, który zagwarantuje szybki rozwój mącznika młynarka. Przede wszystkim należy pamiętać o ogrzewaniu. System grzewczy powinien być bezpieczny i sprawny. W tym wypadku dobrym pomysłem jest elektryczny system grzewczy, który nie wytwarza spalin i nie wymaga dużego zaangażowania człowieka. W ogrzewaniu elektrycznym można zainstalować termostaty pozwalające na utrzymanie konkretnej temperatury w pomieszczeniach. Lepiej jest posiadać dwa niezależne termostaty, ponieważ jeśli jeden się zepsuje, to podwyższająca się temperatura nie spowoduje zamierania stada.

Kolejnym ważnym czynnikiem dla hodowli jest wilgotność. Wprawdzie mącznik młynarek jest bardzo odporny na wysoką i niską wilgotność, to jednak jej prawidłowy poziom wpływa na zwiększone pobieranie pokarmu. Optymalna wilgotność dla *Tenebrio molitor* powinna wynosić około 55-80% wilgotności względnej powietrza. Literatura i specyfikacja hodowli, wskazują, że zakres wilgotności względnej 50-75% również jest prawidłowy. W hodowli głównym źródłem wody są np. świeże owoce lub warzywa. W hodowli warto wprowadzić stałe nawadnianie, ponieważ larwy mącznika młynar-

ka uzyskują lepsze wyniki produkcyjne. Prawdopodobnie jest to związane z lepszą przyswajalnością paszy. Nawadnianie powinno wykonywać się także przy postaciach dorosłych, gdyż wydłuża to ich przeżywalność. Dlatego też hodowlę można zraszać wodą np. przy użyciu spryskiwacza do roślin. Należy pamiętać, aby woda nie zalegała w hodowli ani nie skraplała się w pomieszczeniu, ponieważ może doprowadzić do rozwoju grzybów lub roztoczy.

Ryc. 20. Zalecane zakresy wilgotności w hodowli mącznika młynarka.



Owad ten w środowisku wykazuje ujemny fototropizm. Larwy i imago zwykle żerują w ciemności. Normalnie przebywają one w wierzchniej warstwie podłoża. Światło jest potrzebne do prawidłowego rozwoju larw i dla rozrodu. W hodowli warto zastosować fotoperiod o długim czasie dnia świetlnego np. 12 godzin. Pamiętać należy, aby lampy miały barwę światła najbardziej zbliżoną do naturalnej. Warto w takim wypadku posiadać system automatycznego sterowania światłem.

Owady tak samo jak konwencjonalne zwierzęta czy człowiek potrzebują odpowiedniego stężenia tlenu. Owady są małe, ale w skali wielkotowarowej zużywać będą dużo tlenu. W warunkach nadmiaru czy normalnego stężenia tlenu, czas rozwoju larw jest podobny. Powoduje to szybszy rozwój postaci dorosłych, ale skutkuje za to niższą masą larw. Im mniejsze stężenie tego pierwiastka w pomieszczeniu

tym większa śmiertelność wśród larw. Dlatego też, pomieszczenia warto zaopatrzyć w wewnętrzne wentylatory wyciągowe. Będą one usuwać nieświeże powietrze i pył, wymuszają wymianę powietrza, oraz pozwolą na szybkie usunięcie z pomieszczenia nadmiaru wilgoci. Wentylatory, tak samo jak grzanie, powinny działać przez 24 godziny na dobę. Umożliwi to prawidłowe rozprowadzenie ciepła i wilgoci po pomieszczeniu. Bez cyrkulacji powietrza, stada utrzymywane na regałach mogą mieć różny poziom temperatury czy wilgoci. Larwy w dużym zagęszczeniu wytwarzają dużo ciepła, które należy brać pod uwagę przy bilansowaniu systemu ogrzewania i wentylacji. Tym samym, brak wentylacji może doprowadzać owady do stresu cieplnego.

Do hodowli warto dodawać akcesoria, które będą stanowiły kryjówkę dla owadów. Dobrym pomysłem jest umieszczenie hodowli np. wytłaczanek po jajach. Są one idealną kryjówką dla postaci dorosłych, umożliwiając ich łatwe wybieranie i przeniesienie do hodowli podstawowej. Jeśli owady nie zjedzą całej paszy to musimy ją wymienić. Wynika to z tego, że owady żyjąc na paszy coraz bardziej ją zanieczyszczają. Przez to zmienia ona swoje właściwości fizykochemiczne. Dlatego podłoże warto wymieniać co około 3 miesiące. Najlepiej robić to poprzez przesiewanie. Przy tej okazji można usunąć niezjedzone lub wysuszone odpadki oraz martwe osobniki. Jeśli w trakcie przesiewania trafimy na poczwarki to warto je od razu przenieść do oddzielnego pojemnika. Jeżeli jest taka możliwość, to przesiewanie można wykonywać co 3-5 dni. Innym rozwiązaniem jest częste żywienie małymi dawkami pokarmu, który będzie zjadany w całości na bieżąco.

Hodowlę warto utrzymywać w pomieszczeniach albo przynajmniej na stelażach, posiadających dobrą izolację termiczną. Pozwoli ona utrzymać prawidłową temperaturę i wilgotność, przy względnie niskich kosztach. Z dostępnych opracowań wynika, że zainwestowa-

nie w dobrą izolację sufitu i ścian (100-150 mm), pozwoli to w przyszłości na duże oszczędności wynikające z niskiej utraty ciepła. Taka inwestycja szybko też powinna się zwrócić. Pamiętać trzeba o regularnym czyszczeniu/odkurzaniu pomieszczeń, w których utrzymuje się mącznika młynarka. Czyszczenie i mycie są niezwykle istotne dla bezpieczeństwa przyszłych konsumentów. Niweluje to wiele niebezpiecznych czynników biologicznych, chemicznych i fizycznych. Warto korzystać z odkurzaczy przemysłowych, których wywiew będzie poza pomieszczeniami hodowlanymi. Wtedy wszelkie czynniki chorobotwórcze nie spowodują zanieczyszczenia pojemników z owadami. Takie sprzątanie powinno być wykonywane przynajmniej raz w tygodniu. Powierzchnie płaskie (takie jak sufit czy ściany) powinno się czyścić łagodnym detergentem lub środkiem dezynfekującym co trzy miesiące. W przypadku elementów przytwierdzonych do ścian, powinno się je odkręcać w celu dokładnego umycia i pozbycia się kurzu, pyłu itp.

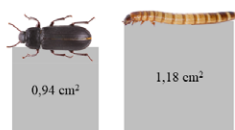
2.2. Pojemniki i zagęszczenie hodowli

Utrzymanie *Tenebrio molitor* w odpowiednim zagęszczeniu jest równie ważne co warunki klimatyczne panujące w hodowli. Powierzchnia hodowli musi zawsze być uzależniona od ilości osobników. Najlepsze do utrzymania owadów będą pojemniki plastikowe. Pojemniki z tworzyw sztucznych są łatwe w obsłudze. Trzeba pamiętać, żeby posiadały grube ścianki, aby owady się nie przegryzły. Zgodnie z dostępnymi opracowaniami, zalecana wielkość pojemników do utrzymywania stada wynosi 650 mm długości na 500 mm szerokości na 150 mm wysokości lub 600 mm długości na 400 mm szerokości na 125 mm wysokości. Warto, aby takie skrzynki były łatwe do czyszczenia i mycia. Trzeba zwracać uwagę na ewentualne zarysowania i uszkodzenia po których mącznik młynarek mógłby się

wspiać. Pojemniki powinno się myć płynem do mycia naczyń lub delikatnym detergentem. Następnie trzeba je dokładnie spłukać czystą wodą i dokładnie osuszyć czystą miękką ściereczką. Pamiętać trzeba, żeby myć ściany wewnętrzne i zewnętrzne skrzynek hodowlanych. Dla owadów dorosłych (stada podstawowego) sprawdzają się systemy rusztowe oparte na tacach układanych w stos. Naprzemiennie układane są tace z osiatkowanym i zamkniętym dnem. Średnica oczek osiatkowania powinna wynosić około 0,5 mm. Taka metoda ułatwia pozyskiwanie jaj i małych larw, które będą spadały do tacy z zamkniętym dnem. Podłożem we wspomnianych pojemnikach może być 10-30 mm warstwa płatków owsianych, która stanowi idealną podstawę diety mącznika młynarka. Innym sposobem jest wykorzystanie skrzynek z dnem pełnym, w których dorosłe osobniki składają jaja przez określony czas np. 1 tydzień. Następnie postacie dorosłe są wybierane a pozostałości paszy są odstawiane do wyklucia się larw.

Zgodnie ze specjalistyczną literaturą, ilość osobników dorosłych w stadzie powinna wynosić 0,94 owada/cm². Liczba larw w stadzie powinna wynosić 1,18 owada/cm². Czemu jest to istotne? Ponieważ prawidłowe zagęszczenie owadów w stadzie wpływa na wyniki produkcyjne hodowli. Zagęszczenie mącznika młynarka w hodowli ma wpływ na wiele ważnych aspektów takich jak: kanibalizm, zwiększona śmiertelność, wzrost larw, rozród czy nawet na masę poczwarek. Poniżej zamieszczono szacunkową ilość postaci dorosłych i larw w pojemnikach 600 x 400 x 125 mm. Obliczono również teoretyczną masę larw z jednego pojemnika przy masie jednej larwy = 145 mg (uznawana jako niska masa ciała).

Ryc. 21. Optymalne zagęszczenie w hodowli mącznika młynarka



$$\frac{65\text{cm} \times 50\text{cm}}{0,94 \text{ cm}^2/\text{imago}} = 3457 \text{ owadów w pojemniku}$$

$$\frac{65\text{cm} \times 50\text{cm}}{1,18 \text{ cm}^2/\text{larwa}} = 2754 \text{ owadów w pojemniku}$$

$$2754 \text{ owadów} \times 145\text{mg} \approx 0,4\text{kg}$$

Warto utrzymywać tace na stelażach dzięki czemu można umieścić kilka lub kilkanaście tac na tej samej powierzchni. Trzeba pamiętać o ich cyklicznym myciu. Z tego powodu regały drewniane mogą być ciężkie w utrzymaniu i stanowią dobrą kryjówkę dla szkodników np. roztoczy. Dobrze sprawdzają się regały metalowe.

Ryc. 22. Komercyjny zestaw do hodowli mącznika młynarka na niewielką skalę.



Ryc. 23. System utrzymania mącznika młynarka na stelażach.



Ryc. 24. Przykładowe pojemniki do hodowli rusztowej mącznika młynarka.



2.3. Żywienie mącznika młynarka

Mącznik młynarek w środowisku naturalnym żywi się martwą materią organiczną. Na ich dietę składają się rozkładające się liście, patyki, trawy, rośliny, martwe owady a nawet padlina. Dlatego też można uznać je za owady wszystkożerne. Mączniki spotykane w magazynach są uznawane za szkodniki zbożowe. Można je w szczególności spotkać na uszkodzonym lub przetworzonym ziarnie. Osobniki hodowane przez człowieka nie posiadają dużych wymagań żywieniowych. Mogą one być karmione produktami pochodzenia roślinnego i zwierzęcego. Oczywiście trzeba pamiętać, że jeśli owady będą wprowadzane na rynek, to ich pasza powinna spełniać określone wymogi prawne. Wymogi te są identyczne co do zasad związanych z żywieniem zwierząt gospodarskich. Mącznika można utrzymywać wyłącznie na jednym produkcie np. na otrębach. Jednak taka uboga dieta może wpływać na przeżywalność larw, szybkość wzrostu oraz na rozrodczość postaci dorosłych. Dlatego też utrzymywanym owadom warto urozmaicać pokarm. W żywieniu *Tenebrio molitor* można wykorzystać warzywa i owoce. Dobrze w tej roli sprawdzą się rzeczy, które są pod ręką np. marchew, jabłka, zielenina, ogórek, buraki, pietruszka, kapusta, sałata, rzepa, rzodkiew, dynia, śliwka, gruszka, banany i wiele innych. Możliwości jest naprawdę wiele. Wspomniane produkty zawierają bardzo cenne substancje odżywcze, witaminy, mikro i makroelementy, których może brakować w podłożu. Pamiętać trzeba, aby warzywa i owoce umyć przed podaniem owadom, gdyż mogą zawierać zanieczyszczenia takie jak kurz, gleba, potencjalnie niebezpieczne patogeny czy środki ochrony roślin. Bezpośrednio przed podaniem owoce i warzywa należy osuszyć i pociąć na drobne części. Ponadto stanowią one dla owadów ważne i naturalne źródło wody. W przypadku podawania mokrych produktów należy usuwać niezjedzone warzywa i owoce po 24 lub najpóźniej po 48 godzinach.

Poziom wilgotności paszy suchej dla mącznika młynarka powinna wynosić około 18%. Wykorzystuje się również produkty spożywcze takie jak wyroby piekarskie, produkty zbożowe czy nabiał.

Należy jednak mieć na uwadze, że najważniejszą część diety stanowi pokarm suchy. Poziom paszy powinien sięgać maksymalnie 40 mm poniżej górnej granicy pojemnika. Można stosować komercyjne pasze dla zwierząt lub wykorzystać sprawdzone receptury. Jedną z najprostszych receptur jest mieszanka 5% drożdży suszonych, 15% mąki razowej i 80% otrębów pszennych. W badaniach potwierdzono, że witaminy z grupy B są niezbędne do rozwoju owadów, dlatego dodatek drożdży może wpłynąć pozytywnie na zwiększone przyrosty larw mącznika. Celowa suplementacja innymi witaminami w szczególności A, C, D, E, K nie jest potrzebna. Do hodowli można dodawać probiotyki. W tym celu należy wykorzystać preparaty dedykowane dla innych zwierząt gospodarskich np. pszczoł. Możliwe, że owady mogą również służyć jako nośnik probiotyków dla zwierząt.

Dietę mącznika młynarka warto suplementować białkiem zwierzęcym, np. wykorzystując karmę dla psów czy kotów. Dodatek produktów pochodzenia zwierzęcego powinien znacząco zmniejszyć poziom kanibalizmu w hodowli. Warto tutaj dodać, że kanibalizm najczęściej dotyka poczwarki. Pozbywając się tego zjawiska można zwiększyć liczbę osobników dorosłych w przyszłości. Wcześniej wspomniano, że stosunek białka do węglowodanów jest ważny w prawidłowym rozwoju mącznika młynarka. Od tego stosunku zależy również szybkość przeprowadzenia pełnego cyklu życiowego *Tenebrio molitor*. Tucz larw mącznika młynarka jest znacznie wydłużony, jeśli poziom węglowodanów spada do około 20%. Natomiast okresowe zwiększenie zawartości białka może korzystnie wpłynąć na zwiększenie przeżywalności, skrócenie czasu tuczu i zmniejszenie kanibalizmu. Nie można jednak przesadzić. U owadów trzeba utrzymywać zrównoważone żywienie. Dla przykładu zbyt duża liczba ka-

lorii w owadziej diecie potrafi zwiększyć śmiertelność larw. Pokarmy bogate w kalorie mogą powodować większą zapadalność mącznika młynarka na choroby. Za zjawisko to w szczególności odpowiedzialne są tłuszcze, które osłabiają odpowiedź układu immunologicznego.

Należy zapewnić czyste i suche miejsce do składowania pasz kupowanych luzem. Jeśli pasze są przetrzymywane zbyt długo, to istnieje duże prawdopodobieństwo, że znajdą się w nich roztocza, ćmy lub ryjkowce. Hermetyczne pojemniki są dobre do przechowywania pełnoziarnistej mąki i drożdży.

Ryc. 25. Hodowla *Tenebrio molitor*, tuż po otrzymaniu świeżego pokarmu i po 15 minutach.



Ryc. 26. Hodowla *Tenebrio molitor*, po otrzymaniu wyrobów piekarskich i po 15 minutach.



2.4. Rodzaje stad hodowlanych

W hodowli mącznika młynarka można wyróżnić 2 rodzaje stad: stado podstawowe i stado produkcyjne.

W skład stada podstawowego wchodzi owady, które hodowane są w celu uzyskania potomstwa zgodnie z cyklem produkcyjnym właściwym dla mącznika młynarka uwzględniając potrzebę zachowania ciągłości produkcji prowadzonej w hodowli. Potomstwo powinno być przeznaczone do doskonalenia populacji tego gatunku. Do rozrodu należy przeznaczyć owady o najlepszych cechach produkcyjnych. Im dłużej żyją postaci dorosłe tym większe potomstwo zostanie uzyskane.

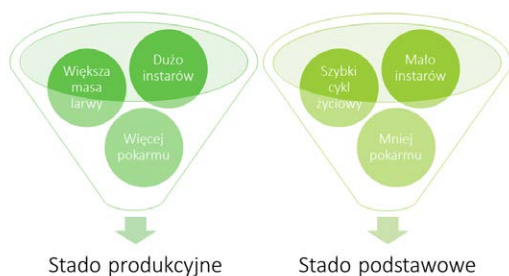
Stadem produkcyjnym określane są larwy, które podlegają szybkiemu wzrostowi pod wpływem zabiegów hodowlanych. Celem utrzymania tego stada jest zarówno uzyskanie jak najlepszych wyników hodowlanych jak i uzyskanie osobników do rekonstrukcji stada podstawowego. Trzeba pamiętać, że stado to będzie generowało bezpośredni zysk dla hodowli.

Warto prowadzić dokładną dokumentację stada. Szczególną uwagę warto zwrócić na:

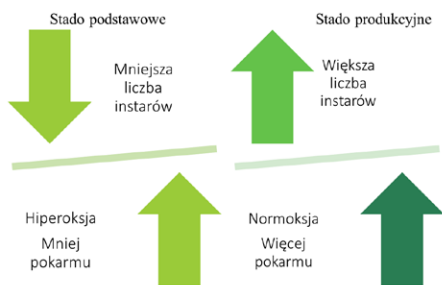
- liczbę postaci dorosłych mącznika,
- śmiertelność w prowadzonej hodowli,
- liczbę larw uzyskanych od imago,
- długość życia postaci dorosłych,
- masę ciała larw po 4 instarze,
- masę ciała larw przed ubojem,
- liczbę owadów w stadzie,
- zużycie paszy przez mączniki,
- konwersje paszy.

W przyszłości wspomniane dane pozwolą na uzyskanie informacji, czy populacja owadów uzyskuje dobre wyniki hodowlane, czy może zaczynają się pojawiać jakieś problemy w stadzie. Na Ryc. 9 przedstawiono kilka cech, które powinny charakteryzować owady przeznaczone do poszczególnych stad owadów. Na Ryc. 10 przedstawiono jak szybko uzyskać poszczególne stada.

Ryc. 27. Charakterystyka rozwoju stada podstawowe i stado produkcyjne.



Ryc. 28. Jak szybko uzyskać stado podstawowe i stado produkcyjne.



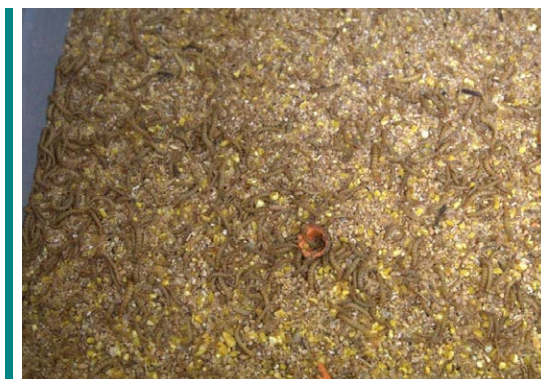
Ryc. 29. Stado podstawowe.



Ryc. 30. Część stada podstawowego po odsianiu.



Ryc. 31. Stado produkcyjne.



Ryc. 32. Część stada produkcyjnego przed i po odsadzeniu.



Ryc. 33. Larwy mącznika młynarka przed i po zakończeniu tuczu.



2.5. Chów wsobny i chów niekrewniaczy

Chów wsobny, inaczej inbred, jest to kojarzenie zwierząt spokrewnionych ze sobą. Taki chów charakteryzuje się prowadzeniem hodowli bez wprowadzania osobników niespokrewnionych. Chów niekrewniaczy (outbred) polega na wprowadzeniu do hodowli mącznika młynarka innych owadów tego samego gatunku pochodzących z innej hodowli.

Jakie to ma znaczenie dla hodowli? Należy zauważyć, że część stada produkcyjnego wykorzystywana jest do rekonstrukcji stada

podstawowego. Dlatego pręcej czy później hodowlę dotyka problem chowu wsobnego. Inbred ma istotne znaczenie dla rozrodu owadów. Okazuje się, że chów wsobny zmniejsza atrakcyjność feromonów samców mącznika młynarka. Przez to też samice mącznika znacznie rzadziej wybierają samców z chowu wsobnego niż z outbred-u. Zmniejszenie tej zdolności skutkuje niższą rozrodnością wśród owadów. W dalszej perspektywie może prowadzić do zamierania hodowli. Chów wsobny wpływa też negatywnie na układ immunologiczny owadów. Następstwem jest większa podatność owadów na choroby. Inbred może też wpływać na utrwalenie się niekorzystnych cech hodowlanych jak np. niska masa ciała.

Jak temu przeciwdziałać? Po pierwsze, przy rozpoczęciu hodowli mącznika młynarka, owady warto pozyskać z 2-3 źródeł, ponieważ chów wsobny jest dość częstym zjawiskiem wśród hodowców. Po drugie, po przeprowadzeniu kilku cykli produkcyjnych należy do stada podstawowego wprowadzić owady spoza własnej hodowli. Przed wprowadzeniem nowych owadów z obcej hodowli zalecana jest kwarantanna (14 dni) aby upewnić się, że owady nie są chore, bądź pasza, na której były transportowane, nie była porażona szkodnikami (np. mklkiem mącznym).

Ryc. 34. Hodowla mącznika dotknięta chowem wsobnym.



Ryc. 35. Postacie dorosłe *Tenebrio molitor* z inbred-u (po lewej) i outbred-u (po prawej).



2.6. Dobrostan

Oprócz utrzymania odpowiednich warunków środowiskowych, u owadów należy również zadbać dobrostan. Dobrostan owadów hodowlanych dotyczy przede wszystkim trzech aspektów: jak utrzymuje się owady, jak traktuje się owady i jak je przetrzymuje.

Dobrostan można określić jako poziom jakości życia z perspektywy pojedynczego zwierzęcia. Pojęcie to należy przede wszystkim wiązać z warunkami panującymi w hodowli, możliwością zachowania naturalnego behawioru i utrzymaniu prawidłowego zdrowia fizycznego. W dużym uproszczeniu dobrostan odnosi się do 5 zasad wolności. (1) Wolność od głodu, pragnienia i niedożywienia- zapewnienie hodowanym zwierzętom dostępu do pokarmu i świeżej wody, które zapewnią im prawidłowy rozwój. (2) Wolność od dyskomfortu – zapewnienie warunków, które nie będą tworzyły niezasadnego dyskomfortu fizycznego. (3) Wolność od bólu i chorób- w znaczeniu prewencji, szybkiej diagnozy i leczenia. (4) Wolność do wyrażania naturalnego zachowania – ma to im umożliwić odpowiednia powierzchnia, prawidłowe warunki zoohigieniczne i obecność innych zwierząt. (5) Wolność od stresu i strachu – należy tak traktować zwierzęta, aby nie generować niepotrzebnego stresu.

Do wspomnianych zasad wolności IPIFF – International Platform of Insects for Food and Feed (Międzynarodowa Platforma Owadów dla Żywności i Pasz) rekomenduje następujące zalecenia:

1. Należy zapewnić wystarczającą ilość pożywienia i wody oraz zabezpieczyć prawidłowe warunki temperaturowe i wentylacje podczas hodowli i transportu.
2. Należy uszanować fizjologiczne potrzeby owadów, zapewniając im jak najlepsze warunki środowiskowe, co będzie sprzyjać ich optymalnemu wzrostowi poprzez prawidłowe warunki mikroklimatyczne.
3. Trzeba zapewnić prawidłowe warunki transportu, zadbać o odpowiedni czas transportu, zapewnić odpowiednią temperaturę i wentylację, aby warunki te były najbardziej zbliżone do naturalnych. Należy wystrzegać się materiałów i elementów w hodowli, które mogą okaleczyć owady. Trzeba dążyć do zminimalizowania ewentualnego kanibalizmu poprzez zapewnienie odpowiedniej przestrzeni i zagęszczenia owadów. Powinno się też stosować metody uśmiercania, które zapewnią szybką śmierć owadów, aby zminimalizować ewentualny ból.
4. Należy stosować wyłącznie pojemniki i praktyki hodowlane zapewniające optymalne poziomy temperatury, światła, wilgotności i zagęszczenia, które pozwalają na normalny wzorzec zachowania, zgodnie z potrzebami każdego gatunku.
5. Z uwagi na brak szerszych informacji, trzeba śledzić aktualne informacje dotyczące potencjalnego wpływu stresu na owady.

Czy owady mogą doznawać cierpienia lub stresu? Czy są zdolne do odczuwania bólu? W końcu owady mają jedynie około 960000 neuronów. Naukowcy wciąż nie są pewni istnienia i stopnia odczu-

wania bólu oraz stopnia poziomu świadomości u bezkręgowców. Wciąż trwa debata na temat istotności dobrostanu w hodowli owadów. Organizacje pro-owadzie wskazują, że dobrze zarządzane hodowle mogą utrzymać wysokie standardy dobrostanu owadów bez zbędnego wysiłku. Już teraz wielu producentów wprowadza zasady humanitarnej hodowli i przetwarzania owadów. W raporcie FAO dotyczącym „jadalnych owadów” zawarto informację na temat wprowadzania wysokich standardów dobrostanu w hodowli, nawet w przypadku braku wiedzy, czy owady mogą cierpieć.

U owadów musimy rozróżnić ból od reakcji na bodźce. Do bodźców zaliczymy potencjalnie szkodliwe poziomy ciśnienia, substancji chemicznych, ciepła i zimna. Odpowiedź na bodźce jest mimowolną reakcją organizmu, która nie niesie za sobą negatywnej reakcji emocjonalnej lub zjawiska bólowego. Gdy organizm owada odczuwa ból, przez układ nerwowy jest on identyfikowany jako zagrożenie. Sugeruje się, że większość odruchów owadzych, to tak naprawdę ewolucyjnie zaprogramowane zachowanie, które ma na celu unikanie bodźców. Najpierw jednak owad musi tego bodźca doświadczyć. Porównać to należy do odruchu cofania ręki, kiedy dotyka czegoś gorącego. Przyjmuje się, że owady są zdolne do subiektywnych doświadczeń, to znaczy, że mogą odbierać w indywidualny sposób środowisko przez pryzmat tego co wcześniej przeżyły. Dlatego też niektórzy naukowcy uznają, że owady mogą posiadać prymitywną świadomość. Pozwala ona owadom na podstawową orientację w terenie i prostą interpretację bodźców. Część naukowców wyklucza zdolność do odczuwania przez owady bólu, stresu czy cierpienia.

Akademickie rozważania wciąż nie dają jednoznacznych informacji, dlatego warto, traktować owady jako istoty czujące, czyli tak jak inne zwierzęta gospodarskie. Należy się z nimi obchodzić humanitarnie.

Owady oprócz komunikacji dźwiękowej czy optycznej, mogą się również porozumiewać przez dotyk, zapach a nawet wibracje. Obecnie ciężko określić, czy istnieją zachowania behawioralne, których powinniśmy wykonywanie owadom umożliwić.

Według pionierów entomofagi, dobrostan w hodowli owadów będzie mógł rozwijać się w różnych kierunkach: w oparciu o prawo dotyczące zwierząt gospodarskich, czyli koncentrujące się na podstawowych potrzebach zwierząt; skupienie się na zyskach i stratach w interakcji człowieka z bezkręgowcami; lub brak konieczności dbania o ich dobrostan. Prawdą jest, że zasady dotyczące dobrostanu zwierząt muszą dopasować się do rzeczywistości w jakiej owady są hodowane i uwarunkowań socjo-ekonomicznych.

Należy upewnić się, że zasady dobrostanu będą dostosowane do wymogów utrzymania mącznika młynarka. Zawsze trzeba starać się spełniać potrzeby tego owada. Warunki utrzymania powinny być ustawione zgodnie z wymaganiami dla tego gatunku. Trzeba zapewnić owadom odpowiednie środowisko w hodowli, które będzie zbliżone do środowiska naturalnego. Należy przypomnieć, że w hodowlach mącznika młynarka może dochodzić do kanibalizmu. Jest to zjawisko, którego trzeba za wszelką cenę unikać. Dlaczego poruszana tematyka jest tak ważna? Ponieważ poziom dobrostanu ma bezpośrednie przełożenie na wartość odżywczą owadów i wyniki produkcyjne hodowli.

Chów owadów na cele żywieniowe i paszowe związany jest z ich przetwarzaniem. Dlatego też końcowym elementem hodowli jest ich humanitarne uśmiercanie. Generalnie najważniejsza zasada dotyczy zmniejszenia ryzyka potencjalnego bólu oraz zapewnienia szybkiej śmierci.

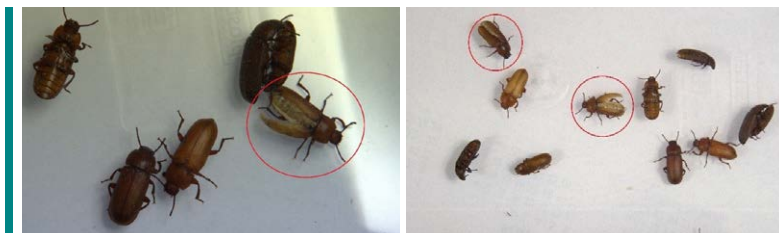
Skoro już o uśmiercaniu mowa trzeba się pochylić nad metodami, które są zwykle wykorzystywane do eutanazji mącznika młynarka. Wiedza na temat humanitarnych metod uśmiercania jest mglista,

ponieważ jak dotąd nie wykonano wielu badań. Do najczęściej wykorzystywanych zalicza się metody fizyczne i chemiczne. Pod uwagę należy brać jedynie metody, które na późniejszych etapach produkcji nie będą stanowiły zagrożenia dla potencjalnych konsumentów. Mają one doprowadzić do zniszczenia układu nerwowego. Prowadzi to do braku odbioru bodźców oraz śmierci zwierzęcia. Zwykle odbywa się to bez znieczulenia. W metodach chemicznych wykorzystywane są środki wziewne np. dwutlenek węgla (CO_2). Niemożność pobrania tlenu doprowadza do śmierci zwierzęcia, bez zbędnego cierpienia. Brak jest jednak wytycznych dotyczących czasu, stężenia CO_2 i kubatury opakowania. Najczęściej wykonuje się uśmiercanie metodami fizycznymi. Zalicza się do nich: miażdżenie, mielenie, mrożenie i wystawienie na wysoką temperaturę (powyżej 55°C).

Miażdżenie polega na szybkim i silnym zgnieceniu owada, obiektem o płaskiej powierzchni. Powoduje to natychmiastową śmierć. Do mielenia zalicza się metody mające na celu rozerwanie ciała owada. W tym wypadku blenderowanie (mielenie owadów na wysokich obrotach) jest dobrą opcją. Pozwala w bardzo krótkim czasie (1-2 s) rozdrobnić całe ciało owada. Wykonanie wolniejszego procesu mielenia powinno się odbyć dopiero po procesie znieczulenia. Kolejna metoda – mrożenie, jest jedną z najczęściej wykorzystywanych metod przez hodowców. Można zastosować dłuższe mrożenie w zamrażarce lub krótkie w ciekłym azocie. Obie metody z punktu widzenia dobrostanu wydają się być sensowne. Mrożenie w zamrażarce na początku prowadzi do zwolnienia metabolizmu owada, a po około godzinnej ekspozycji, prowadzi do śmierci. Jest to najbardziej dostępna i szeroko akceptowana metoda. Szybkie mrożenie, jest bardzo humanitarną metodą, ale ciężką (ciepłe gazy łatwo się ulatniają) i drogą w utrzymaniu. Najlepszą metodą wykorzystującą wysoką temperaturę jest gotowanie we wrzątku. Dochodzi szybko do ścięcia się białek i śmierci owada. Do celów kulinarnych wykorzystuje się smażenie i pieczenie,

jednak należy się upewnić, że temperatura zagwarantuje szybką śmierć owada. Niektórych metod należy się wystrzegać. Przykładem jest dekapitacja (odcięcie głowy), która jest w stosunku do owadów jest niehumanitarne. Układ nerwowy jest inaczej zbudowany niż u ssaków. Istnieje ryzyko, że mącznik młynarek po odcięciu głowy może cierpieć przez dłuższy czas.

Ryc. 36. Uszkodzenia osobników dorosłych (na czerwono) wskazujących na zachowania kanibalistyczne.



Ryc. 37. Gromadzenie się imago w jednym miejscu może wskazywać na obecność zjawiska kanibalizmu w hodowli.



Ryc. 38. Poczwarki uszkodzone przez postacie dorosłe.



Ryc. 39. Martwe larwy mącznika młynarka.



Ryc. 40. Mrożenie larw i poczwerek mącznika młynarka.



Ryc. 41. Zamrożone larwy mącznika młynarka.



3. Cykl produkcyjny

Generalnie cykl produkcyjny owadów można podzielić na reprodukcję, produkcję, separację i ubój. Szybkość i efektywność tych etapów jest bezpośrednio związana z kosztami i opłacalnością produkcji mącznika młynarka. Pierwszym etapem jest reprodukcja, gdzie formy imago składają jaja potrzebne do wyhodowania larw. Trzeba mieć na uwadze, że liczba złożonych jaj oraz ich przeżywalność zależy przede wszystkim od warunków zoohigienicznych oraz zagęszczenia owadów. Za koniec tego etapu należy uważać na odseparowanie jaj od postaci dorosłych.

Następnym etapem produkcyjnym jest tucz owadów. W trakcie tego etapu dochodzi do intensywnego wzrostu larw. Po okresie około 3-4 miesięcy larwy dojrzewają do wykorzystania ich jako produktu finalnego hodowli. Pamiętać trzeba, że w tym okresie szczególnie ważne są: temperatura, wilgotność, zagęszczenie i rodzaj diety owadów. Aby ten etap przechodził sprawnie, larwom oprócz produktów zbożowych warto dodawać owoce i warzywa (są źródłem wilgoci oraz cennych wartości odżywczych).

Obecnie szeroko dostępną technologią separacji larw jest przesiewanie przez sita mechaniczne o odpowiednich oczkach. Ręczne przesiewanie to czasochłonna metoda wymagająca dużego zaangażowania pracowników. W tym okresie zawsze należy pozostawić około 5-10% larw do rekonstrukcji stada podstawowego.

Etapem kończącym cykl produkcyjny jest ubój larw. Warto, aby to zadanie poprzedzić oczyszczeniem przewodu pokarmowego owadów. Doprowadza to do usunięcia zanieczyszczeń. Następnie można poddać owady dalszej obróbce lub przechowywaniu. Dalsze procesy technologiczne mają na celu przygotowanie owadów do produkcji żywności lub pasz.

Ryc. 42. Hodowla mącznika młynarka w warunkach laboratoryjnych.



Ryc. 43. Zbiór larw i poczwerek.



4. Wykorzystanie mącznika młynarka

Czy entomofagia jest czymś nieznanym w kulturze zachodniej? Nie do końca. Kultura zachodnia czerpie z starożytnych kultur. Już starożytni Rzymianie i Grecy jadali owady. Dla przykładu ulubioną przekąską Arystotelesa (starożytnego greckiego filozofa) były cykady. Rzymianie zaś mieli specjalne dania z owada kozioroga dębosza o nazwie „cossus”. Jeszcze bliższa dla polskiej kultury Biblia, opisuje i pozwala na spożywanie szarańczy. Zgodnie z tą księgą, nie można spożywać owadów, które stąpają po ziemi. Nawet w Europie znajdują się potrawy tradycyjne, które bazują na owadach np. „Casu Marzu” – gatunek owczego sera, który dojrzewa dzięki larwom much z gatunku *Piophilidae casei*. Z uwagi na klęski głodu w kuchniach europejskich zachowało się spożywanie ślimaków czy żab. W tych trudnych czasach spożywano również owady, szczególnie chrabąszcze majowe. Jeszcze w XX wieku owady te powróciły na europejskie stoły za sprawą zupy z chrabąszczy majowych. W zapiskach historycznych wspomina się, że żacy jedli larwy tych owadów na surowo. Warto zauważyć, że ekskluzywne owoce morza, w tym kraby, homary, krewetki, tak samo jak owady należą do stawonogów.

Dla niedowiarków i sceptyków warto wskazać kilka faktów, że chcąc nie chcąc, świadomie bądź nie, każdy w swoim życiu spożył owada. Takie podstawowe produkty spożywcze np. brokuły czy puszkowane pomidory, zawierają resztki owadów. Standardowy kon-

sument rocznie zjada około 100 gram wciornastek (należą do podgromady owadów uskrzydłych). Owady można spotkać w mrożonych warzywach. W 100 gramach mrożonego produktu dopuszczalne jest do 5 mszyc. W ogólnodostępnych sokach znaleźć można muszki owocówki, szczególnie w soku pomarańczowym. Dopuszczalne jest 5 osobników na 226 g soku. Jeżeli ktoś lubi kukurydzę konserwową, powinien liczyć się z możliwością spożycia larwy omacnicy kukurydzianej lub stonki kukurydzianej. A grzyby? Ten typowy dla kuchni polskiej produkt również może być porażony larwami owadów. Nawet po ich oczyszczeniu możliwe jest, że spożyte zostaną owady lub ich części. Pamiętać też trzeba o żywności pochodzenia owadziego, czyli o wszystkich produktach pochodzących od pszczół, czyli miodzie, pyłku, propolisie i mleczku pszczelim. Nawet dodatki do żywności, jak np. koszenila (barwnik) produkowane są z czerwca kaktusowego (*Dactylopius coccus*). Podsumowując, standardowy konsument w ciągu roku spożywa, świadomie lub nie, średnio około 1 kilograma różnych owadów.

W krajach, gdzie entomofagia jest czymś naturalnym, różne gatunki owadów pozyskuje się ze środowiska. Owady te wykorzystywane są na potrzeby własne, a ewentualne nadwyżki sprzedawane są na lokalnym rynku. W polskich warunkach oczywiście lepiej te owady hodować. Specyfika mącznika młynarka pozwala na łatwe założenie przydomowej hodowli. W trakcie chowu mącznika powstaje wiele produktów, które można następnie wykorzystać. Pierwszym i najważniejszym surowcem, który uzyskuje się w trakcie hodowli mącznika jest oczywiście tuszka owadzia. Ciało owadów stanowi bardzo bogate źródło substancji odżywczych. Tuszka owadzia zawiera ok 56% wody, 18% białka, 17% tłuszczu i 1% popiołu surowego. Jest bogata w mikro i makroelementy. Tuskę mącznika można przetworzyć albo wykorzystać bezpośrednio do spożycia. W żywieniu zwierząt wykorzystuje się żywe lub wcześniej zakonserwowane owady. Nie należy

spożywać martwych larw (będą one miały charakterystyczny czarny kolor). Żywe larwy mogą być wykorzystane w hodowli ryb, drobiu czy zwierząt egzotycznych takich jak płazy, gady, ptaki ozdobne i ssaki owadożerne. Trzeba pamiętać, że żywe owady posiadają mocne żuwaczki, którymi mogą uszkodzić delikatne podniebienie zwierząt.

Dobłą zasadą, przed procesem przetwarzania larw na produkty spożywcze jest zastosowanie głodówki w celu oczyszczenia przewodu pokarmowego. Należy przełożyć larwy do pustego pojemnika i odczekać około 2 dni. Po tym zabiegu można zmienić smak mącznika młynarka. Aby to zrobić, do oczyszczonych larw trzeba dodać składniki, które wpłyną na końcowy smak larw np. jabłko, marchew, pomarańcza, cynamon itp. Owady utrzymuje się na takim pożywieniu przez co najmniej 2 dni. Po tym zabiegu znów powinno się wykonać oczyszczanie przewodu pokarmowego.

Owady poddaje się uśmiercaniu i przechowuje w typowej zamrażarce. Owady powinno się trzymać w szczelnym opakowaniu wraz z datą zbioru. W warunkach chłodniczych zabezpieczone larwy utrzymuje się do dwóch miesięcy. Po rozmrożeniu, owady trzeba natychmiast podawać zwierzętom. Jeśli chodzi o spożycie *Tenebrio molitor* przez człowieka zaleca się wcześniejszą obróbkę termiczną. Owady przed przyrządzeniem należy umyć pod bieżącą wodą i wysuszyć. Przed przygotowaniem zaleca się umieścić owady w niskiej temperaturze (np. -10°C) na około 10 minut. Kolejnym krokiem jest obróbka termiczna. Jest oczywiście wiele metod, oto kilka przykładów:

- suszenie – owady można wysuszyć przy użyciu suszarki do żywności lub piekarnika w temperaturze około 50°C. Tak przygotowane larwy mogą służyć jako dodatek do żywności lub jako przekąska.
- gotowanie – owady można ugotować. Larwy utrzymuje się we wrzącej wodzie przez 3 minuty, a następnie odcedza się

na serwetce lub szmatce. W przypadku zauważenia silnie uszkodzonych larw lub zabarwionych na ciemno, należy je wyrzucić. Po tym zabiegu owady są gotowe do spożycia. Ostudzona woda posiada trochę wartości odżywczych, dlatego można wykorzystać ją do podlania roślin.

- smażenie – larwy wrzucamy na rozgrzaną patelnię z tłuszczem. Jeśli owady zaczynają trzaskać/pękać, należy zmniejszyć ogień.

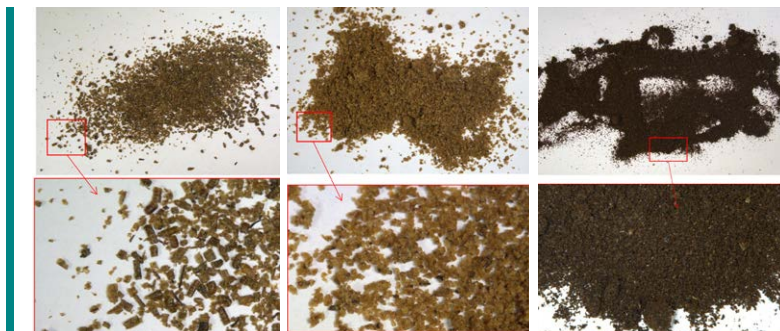
Larwy mącznika młynarka mogą zostać także przetworzone w mączkę owadzią. Charakteryzuje się ona zawartością około 2,5% wody, 45% białka, 42,5 % tłuszczu i 4% popiołu surowego. Jest to bardzo cenny produkt. Niestety do jego uzyskania wymagana jest linia technologiczna do przetworzenia larw. Mączka z mącznika młynarka jest bardzo dobrym substratem do produkcji pasz dla zwierząt. Może ona zostać wykorzystana jako dodatek do produktów spożywczych. Taka mączka przy odpowiednich procesach może zostać również od-tłuszczona i pozbawiona chityny. Sprawia to, że jest ona jeszcze bardziej wartościowa.

Chityna jest wartościowym produktem uzyskanym w trakcie hodowli mącznika młynarka. Larwy kilkanaście razy w trakcie cyklu rozwojowego zrzucają pancerzyk chitynowy. W trakcie ruchu larw w hodowli pancerzyki chitynowe są powoli przesuwane na wierzch hodowli. Można ją wtedy łatwo zebrać np. małym odkurzaczem. Chityna ma też zdolność do elektryzowania się. Posiada ona liczne zastosowania komercyjne. Stosowana jest w produkcji spożywczej jako stabilizator, lub suplement diety. Wpływa ona pozytywnie na poziom cholesterolu, utrzymanie prawidłowej masy ciała, wspiera układ moczowy i może wspomagać regenerację układu nerwowego. Potrafi pochłaniać metale ciężkie czy toksyny z przewodu pokarmowego. Ponadto chityna znalazła szerokie zastosowanie w farmakologii. Oprócz

powyższych wykorzystywana jest w produkcji kosmetyków. Wpływa pozytywnie na szklivo, zęby, paznokcie i cerę. Z chityny produkuje się chitozan. Substancje te znajdują również szerokie zastosowanie w rolnictwie.

W przypadku utrzymania owadów na siatce, można pozyskać osyp (odchody, resztki pokarmu itp.). Stanowi on świetny nawóz dla roślin doniczkowych i ogrodowych. Pozostałości po hodowli np. podłoże, martwe osobniki i pancerzyki mogą zostać zagospodarowane jako nawóz bądź też substrat wykorzystywany przez biogazownie.

Ryc. 44. Mączki z *Tenebrio molitor*.



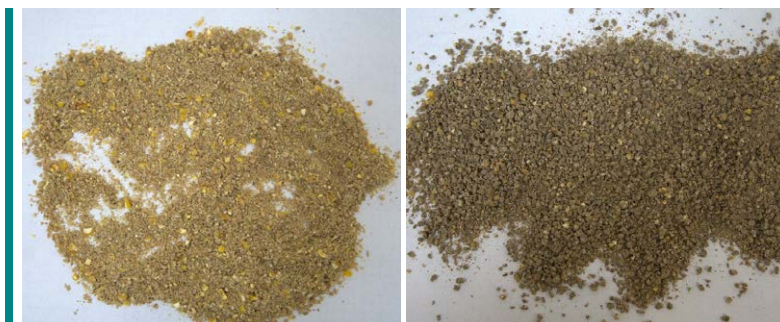
Ryc. 45. Chityna pozyskana z hodowli mącznika młynarka.



Ryc. 46. Osyp po hodowli mącznika młynarka.



Ryc. 47. Pasze z dodatkiem mączki z *Tenebrio molitor*.



5. Prawodawstwo i bezpieczeństwo konsumenta

Trzeba pamiętać, że owady tak samo jak konwencjonalne zwierzęta gospodarskie, powinny podlegać monitoringowi pod kątem bezpieczeństwa żywności i paszy. Rozwój sektora owadów jadalnych doprowadził do powstania regulacji prawnych dotyczących hodowli i wykorzystania produktów pochodzenia owadziego. Obecnie w Polsce brak jest przepisów prawnych dotyczących jadalnych owadów, przez co należy stosować się do uregulowań Unii Europejskiej. Regulacje prawne dotyczą przede wszystkim higieny produktów przeznaczonych do żywienia ludzi i zwierząt.

Jak już wspomniano, mącznik młynarek na terenie UE został wpisany do katalogu „nowej żywności”, ponieważ owad ten nie przenosi patogenów charakterystycznych dla roślin, zwierząt i człowieka; nie jest gatunkiem inwazyjnym; nie wywołuje chorób u ludzi zwierząt; nie wpływa negatywnie na rośliny uprawne ani nie jest gatunkiem chronionym. Oprócz mącznika do grupy owadów hodowlanych na terenie UE wpisano: muchę czarną (*Hermetia illucens*), muchę domową (*Musca domestica*), pleśniakowca lśniącego (*Alphitobius diaperinus*), świerszcza bananowego (*Gryllodes sigillatus*), świerszcza domowego (*Acheta domestica*) i świerszcza kubańskiego (*Gryllus assimilis*). Regulacje prawne pozwalają to na wprowadzenie produktów innowacyjnych (takich jak owady) oraz wprowadzają standardy bezpie-

czeństwa w sektorze spożywczym przy jednoczesnym rozszerzeniu dostępnego asortymentu dla tej branży. Tym samym możliwa jest ocena bezpieczeństwa tych produktów przez stosowne instytucje (np. Inspekcje Weterynaryjną, Inspekcję Sanitarną). Dzięki wprowadzonemu pojęciu „nowej żywności” takie produkty spożywcze można łatwiej zarejestrować. Co ciekawe, na terenie UE dopuszczono do obrotu nie tylko całe owady, ale także części owadów lub produkty pochodzenia owadziego (np. mączka).

Pamiętać trzeba, że z punktu widzenia konsumenta najważniejsze jest bezpieczeństwo tego produktu. Dlatego też po pierwsze, aby żywność na bazie owadów mogła być wprowadzona na rynek musi posiadać odpowiednie zezwolenia. Owady wykorzystywane tylko na użytek własny (konsumpcja) nie muszą być rejestrowane. Owady wprowadzane na rynek muszą spełniać wymogi uregulowane zapisami dotyczącymi higieny żywności i pasz, Dobrej Praktyki Hodowlanej, Dobrej Praktyki Higienicznej i Dobrej Praktyki Produkcyjnej. Jeśli produkt pochodzenia owadziego ma zostać wprowadzony na rynek to nie można skarmiać owadów „byle czym”. Należy zaznaczyć, że mają one status zwierząt gospodarskich, dlatego mącznika młynarka należy skarmiać jedynie zatwierdzonymi materiałami pochodzenia roślinnego i zwierzęcego stosowanymi w diecie zwierząt gospodarskich. Jeżeli pozyskuje się pożywienie dla owadów od producentów pasz to trzeba pamiętać, że takie podmioty muszą być zarejestrowane w odpowiedniej instytucji, posiadać wdrożony system HACCP i muszą przestrzegać prawa paszowego. Tak samo jak w przypadku konwencjonalnych zwierząt, hodowca owadów, musi posiadać i przechowywać informację dotyczące daty dostaw paszy, producenta i parametrów wstępnych paszy. Pod żadnym pozorem nie można stosować produktów, które nie spełniają wymogów bezpieczeństwa (np. pasza wycofana z obrotu, pasza zapleśniała). Mącznik młynarek wprowadzony na rynek spożywczy czy paszowy musi spełniać od-

powiednie wymogi mikrobiologiczne. Istotnym jest, aby hodowane owady były również okresowo badane na obecność niepożądanych substancji chemicznych tj. metali ciężkich, pestycydów i mykotoksyn. Muszą one spełniać limity określone przez stosowne przepisy prawne. Na koniec warto pamiętać, że mącznik młynarek również podlega zasadzie identyfikowalności.

Aby owady spełniały założenia produktu bezpiecznego trzeba pamiętać o zasadach bioasekuracji. Strefa czysta i brudna jest koniecznością, tak samo jak zabezpieczenie przed potencjalnymi szkodnikami. Szczególną uwagę należy przyłożyć do zabezpieczenia hodowli przed wnikaniem czynników chorobotwórczych. Pamiętać trzeba, że owady wprowadzane na rynek nie mogą wywoływać niekorzystnych skutków dla zdrowia zwierząt lub ludzi. Bioasekuracja pozwoli nam też na ochronę stada przed patogenami specyficznymi dla owadów. W przypadku opieki nad hodowlą należy zadbać o to, aby nie doszło do ucieczki owadów z hodowli.

Owady oraz produkty ich przerobu są traktowane jako uboczne produkty pochodzenia zwierzęcego kategorii 3 – produkty uboczne pochodzenia zwierzęcego pochodzące ze zwierząt niewykazujących żadnych objawów chorobowych. Oznacza to, że mącznik młynarek może być dopuszczony do stosowania w paszach dla zwierząt. Obecnie największym ograniczeniem w szerokim stosowaniu białka owadziego jest to, że wchodzi ono do kategorii przetworzonego białka zwierzęcego (PAP). Ograniczenia w stosowaniu przetworzonego białka zwierzęcego zostały zapoczątkowane w trakcie epidemii pasażowalnych encefalopatii gąbczastych (w tym tzw. choroby wściekłych krów). Dlatego wszystkie produkty zaliczane do PAP zostały wycofane z pasz dla zwierząt. Obecnie w gospodarstwach rolnych, PAP owadzi można stosować u ryb, zwierząt towarzyszących i futerkowych. Tłuszcz owadzi oraz białka hydrolizowane można stosować w żywieniu wszystkich zwierząt. Należy jednak bacznie obserwować

sytuację prawną, gdyż w przyszłości istnieje możliwość stosowania PAP w żywieniu krzyżowym (tzn. podawanie PAP innym gatunkom niż z których produkt ten powstał). Może to doprowadzić do tego, że owadzi PAP zostanie zarekomendowany do żywienia świń i drobiu.

Osoby zainteresowane założeniem hodowli na większą skalę powinny dokładnie zapoznać się z aktami prawnymi umieszczonymi w literaturze.

6. Kwestie ekonomiczne

Czy hodowla mącznika młynarka jest w ogóle opłacalna? To zależy. Na pewno nie można liczyć na zyski, kiedy utrzymuje się owady w bardzo małej skali i gdy nie spełnia się wymogów prawnych. Hodowla, pomimo że nie niesie za sobą zysków, posiada inne zalety, jak choćby wykorzystanie produktów ubocznych z produkcji rolnej, darmowe źródło białka i wiele innych. Mącznik młynarek z małych, niezarejestrowanych hodowli może być sprzedawany do sklepów zoologicznych jako karma dla zwierząt egzotycznych. Można tam sprzedać żywe, suszone lub mrożone larwy. Zysków należy się spodziewać, w przypadku wielkotowarowej hodowli mącznika młynarka. Wartość mączki z *Tenebrio molitor* przejmują ceny od 4200 do 6800 zł za tonę. Tym samym wartość rynkowa mączki względem kosztów produkcji jest 5-8-krotnie wyższa.

Należy określić co generuje koszty hodowli mącznika młynarka. Pierwszym ważnym wydatkiem jest koszt pracy. Po pierwsze, pracownicy muszą monitorować warunki zoohigieniczne w hodowli. Powinni też zajmować się całym procesem hodowli, czyli np. karmieniem owadów, separacją larw, przesiewaniem jaj, uzupełnieniem stada podstawowego, usuwaniem resztek, pohodowlanych produktów ubocznych czy martwych owadów. Jeśli w hodowla posiada linie do produkcji mączki, zadaniem pracowników powinna być również obsługa tych urządzeń. Pracownicy muszą być też odpowiedzialni

za techniczne aspekty hodowli jak np. przygotowanie i czyszczenie pojemników, opieka nad urządzeniami do separacji larw.

Kolejnym dużym wydatkiem przy prowadzeniu hodowli jest prąd. Niestety hodowla mącznika młynarka pochłania go dość sporo. Z uwagi, że szybkość cyklu jest w głównej mierze uzależniona od temperatury, to duża część energii zostanie wykorzystana na utrzymanie systemów grzewczych i wentylacji. Doliczyć do tego trzeba takie koszty generowane przez oświetlenie, zamrażarki, linie technologiczne, komputery służące do prowadzenia dokumentacji i inne.

Do wspomnianych kosztów doliczyć trzeba paszę dla owadów. Jak wspomniano, dieta owadów powinna składać się zarówno z produktów zbożowych jak i warzyw lub owoców. Trzeba przyjąć, że do wytworzenia 1 tony larw mącznika młynarka potrzebne jest około 2 ton paszy. Aby uzyskać 1 tonę mączki z mącznika młynarka o odpowiednich wartościach potrzebne jest około 2 tony larw. Tak więc 1 tona mączki będzie równa 4 tonom paszy.

Ostatnim wydatkiem, który trzeba brać pod uwagę to koszt wody i sprzętu zużywalnego takiego jak odzież ochronna, zasoby do bioasekuracji, środki higieny osobistej, pojemniki do hodowli, sита, materiały eksploatacyjne i wiele innych drobnych rzeczy, których nie jesteśmy w stanie przewidzieć.

Ogólne koszty w dużej mierze są uzależnione od poziomu zastosowania nowych technologii, kosztami pracy, technologii uzyskiwania i przetwarzania larw i co chyba najważniejsze, sposobem i skalą hodowli mącznika młynarka.

7. Jak zacząć hodowlę w kilku krokach

Stworzenie przydomowej hodowli mącznika młynarka nie jest ciężkim zadaniem. *Tenebrio molitor* jest wyjątkowo prosty w utrzymaniu. Sama hodowla przydomowa nie generuje dużych kosztów ani nie jest skomplikowana. Do prowadzenia hodowli nie potrzeba specjalnego przeszkolenia. Stado można utrzymywać w pomieszczeniach gospodarskich, a także można spożytkować niewykorzystany czas pracy. Sama hodowla owadów pozwala na recykling produktów ubocznych powstających w gospodarstwie. Stado owadów jest również naturalnym, łatwo namnażającym się źródłem pożywienia dla innych utrzymywanych w gospodarstwie zwierząt np. ryb czy drobiu. Przedstawione w instrukcji kroki pozwolą na stworzenie pierwszego stada podstawowego i produkcyjnego.

Krok 1: Pojemnik startowy

Przed rozpoczęciem należy zadbać o odpowiednie pojemniki, które pozwolą na stworzenie dogodnych warunków dla stada owadów. Do tego celu wykorzystać można np. plastikowe pojemniki czy tacki z wysokimi ściankami. Liczba pojemników powinna być uzależniona od wielkości planowanej hodowli. Najważniejsze jest, aby były one szczelne i nie porysowane (żeby zapobiec ucieczką owadów). Dobrze będzie, jeśli kontener będzie miał rozmiary przynajmniej 60 x 40 x 12 cm. Wybrany pojemnik należy zabezpieczyć przed wnikaniem innych

owadów czy zanieczyszczeń do hodowli. Zabezpieczenie powinno umożliwić pełną cyrkulację powietrza w pojemniku. Warto w tym wypadku zastosować osiatkowanie.

Krok 2: Przygotowanie pojemnika

Pojemnik do hodowli mącznika młynarka, trzeba dokładnie zdezynfekować, umyć i osuszyć. Następnie trzeba poważnie przemyśleć lokalizację, w której owady będą trzymane. Miejsce utrzymywania stada powinno być suche, ciemne, bez nadmiernego przewiewu. Dobrze, jeśli jest na uboczu, gdzie stado nie będzie niepokojone. Trzeba pamiętać, że wiele czynników wpływa na sukces hodowli, w szczególności temperatura. Dlatego też należy utrzymywać hodowlę w ciepłym miejscu. W celu osiągnięcia dobrych przyrostów trzeba pamiętać, aby temperatura ta była wysoka, najlepiej w granicach 25-28°C. Trzeba też zadbać, aby wahania temperaturowe nie były zbyt duże.

Krok 3: Podłoże do hodowli

Po przygotowaniu miejsca i pojemnika przyszedł czas na podłoże. Pamiętać należy, że podłoże stanowi jednocześnie pokarm dla mącznika młynarka. Podłoże musi być suche, wolne od szkodników i czynników chorobotwórczych. Jako podłoże można użyć wielu produktów przerobu zboża na przykład otręby pszenne/owsiane, płatki ryżowe/kukurydziane, okruszki zbożowe i wiele innych mielonych/sypkich produktów zbożowych. Równie dobrze można użyć paszy dla zwierząt np. dla kur. W takim przypadku jednak należy zwracać uwagę, czy pasza nie ma ewentualnych substancji szkodliwych dla owadów np. ziemi okrzemkowej. Niezależnie czy wykorzystywana jest pasza komercyjna czy też własne produkty, warto przeprowadzić sterylizację w temperaturze 75°C przez 20 min. Jednocześnie mając na uwadze aspekt ekonomiczny należy zwrócić uwagę czy cena

substratu nie przewyższa korzyści wynikających z przyrostów larw. Warstwa podłoża powinna być nie mniejsza niż 3-4 cm. Szczególną uwagę należy zwrócić na wilgotność, aby nie spowodowała rozwoju roztoczy lub pleśnienia.

Krok 4: Czas na owady!

Kolejnym krokiem jest zasiedlenie przygotowanego podłoża mącznikiem młynarkiem. Owady można pozyskać ze sklepów zoologicznych lub innych hodowli. Ważne jest, aby wiedzieć, czym wcześniej karmiono owady, ponieważ może to pośrednio wpływać na zdrowie stada, czy przyszłego konsumenta. Nie należy wykluczyć możliwości wystąpienia chorób. Nie warto kupować najtańszych owadów, ponieważ cena może wynikać ze złych warunków zoohigienicznych, potencjalnych szkodników (roztocza/mkliki), bądź inbrodu. Również pamiętać trzeba, aby do pojemnika dodać dużą liczbę owadów (oczywiście w granicach dobrostanu). Hodowlę powinno rozpocząć się od przynajmniej 500 larw. Zapewni to prawidłowy i ekonomiczny rozwój hodowli i stada.

Krok 5: Okres wzrostu zakupionych larw

Udało się uzyskać stado początkowe. Teraz karmimy larwy, aż do osiągnięcia stadium poczwarek. Jeśli nie mamy wolnych rąk do pracy, wystarczy karmić 2-3 razy w tygodniu. Aby uzyskać lepsze wyniki hodowlane warto co 2 dni dokładać owadom warzywa, owoce, pieczywo lub inne niezjedzone produkty spożywcze. W celu założenia stada podstawowego trzeba obserwować, czy pojawiają się poczwarki. Im szybciej dostrzeże się poczwarki tym lepiej. Poczwarki są bezbronne, dlatego są szczególnie narażone na kanibalizm.

Krok 6: Poczwarki

W hodowli pojawiły się pierwsze poczwarki. Czas na ich wybieranie z pojemnika i przeniesienie do nowego, ponieważ są one niezwykle cenne do dalszego rozwoju hodowli. Należy przy tym pamiętać o krokach 1-3. Na tym etapie czekamy na pierwsze osobniki dorosłe. Trzeba pamiętać, że ciemniejące poczwarki wskazują na dojrzewanie osobników i zbliżające się przepoczwarczenie w formę imago. Martwe poczwarki należy usuwać.

Krok 7: Stado podstawowe

Poczwarki przeobraziły się w postaci dorosłe. Imago powinniśmy utrzymywać albo na podłożu opisanym w kroku 3 lub na osiatkowaniu (z dodatkiem pokarmu). Im dłużej żyją owady tym lepiej, ponieważ złożą wtedy więcej jaj. Trzeba pamiętać, żeby imago dostawało świeże produkty. Pozytywnie wpłynie to na długość życia postaci dorosłych. Stado podstawowe należy zasilać coraz to nowymi osobnikami. Pozyskane jaja wraz z paszą przenosi się do nowego pojemnika.

Krok 8: Tucz larw

Na przeniesionym materiale znajdować się będzie duża liczba jaj, które stanowią podstawę nowego stada. Po około 2 tygodniach z jaj wykluwają się larwy. Larwy zaczynają żerować i intensywnie rosnąć. Formy larwalne mącznika młynarka należy utrzymywać w odpowiednich warunkach środowiskowych i żywić je do woli, aż do osiągnięcia około 2-3 cm. Po około 2-3 miesiącach larwy są już gotowe do zbioru i przetworzenia. Oczywiście larwy nie będą jednorodnego rozmiaru, przez co zbiór należy wykonywać cyklicznie. Część larw może przejść w fazę poczwarki. W tym wypadku warto je przekładać do oddzielnego pojemnika, aby w przyszłości zasiliły stado podstawowe. Larwy najłatwiej pozyskiwać poprzez przesiewanie podłoża przez sita lub

poprzez dodanie wilgotnego pokarmu (np. jabłko lub marchew). Larwy można wyciągnąć po 5-10 min wraz z pokarmem i strzepnąć je do pojemnika, w którym wykonamy sortowanie. Larwy nie spełniające wymogów można włożyć ponownie do stada.

Krok 9: Co dalej z larwami

Na koniec pojawia się pytanie co dalej zrobić z larwami. Przecież są one żywe, wciąż mogą się przepoczwarzać i nadal wymagają żywienia. Można zastosować 2-3 dniową głodówkę po to, aby owady oczyściły przewód pokarmowy. Następnie larwy warto obmyć delikatnym strumieniem wody. Najlepszą formą humanitarnego uśmiercenia larw w warunkach domowych jest zamrożenie lub gotowanie. Trzeba pamiętać, aby mrożenie trwało przynajmniej godzinę. Mrożenie stanowi też dobrą metodę przechowywania larw aż do wykorzystania.

Krok 10: Co z pozostałościami?

Ważnym elementem w hodowli mącznika młynarka jest wykorzystanie odchodów i resztek pokarmu w zrównoważony sposób. Stanowią one idealny nawóz dla roślin doniczkowych i ogrodowych. Martwe dorosłe osobniki mogą być kompostowane i również mogą być dobrym nawozem.

8. Słowniczek

- 1) Imago – postać dorosła owada oraz ostatnie stadium rozwojowe w cyklu rozwojowym tych zwierząt.
- 2) Instar – okresy pomiędzy kolejnymi linieniami.
- 3) Cykl rozwojowy – szereg okresowych i regularnie powtarzających się przemian morfologicznych i fizjologicznych, występujących w rozwoju owadów.
- 4) *Tenebrio molitor* – mącznik młynarek.
- 5) Tenebrionidae – duża rodzina chrząszczy o różnej budowie ciała, z wyraźnie zaznaczonymi częściami ciała o ciemnym zabarwieniu. Są to owady głównie żerujące na materiale pochodzenia roślinnego. Gatunki należące do tej rodziny występują na prawie całym świecie. Charakterystyczne dla rodziny są także uwstecznione skrzydła I pary, a II para ma spełniać funkcje lotne. Larwy zwykle mają wydłużony, cylindryczny kształt.
- 6) Poczworka – stadium rozwojowe pomiędzy larwą i postacią dorosłą. Jest ona charakterystyczna dla owadów przechodzących przeobrażenie zupełne.
- 7) Larwa – stadium rozwojowe owada, charakteryzujące się przyrostem masy ciała oraz gromadzeniem składników odżywczych potrzebnych do przeobrażenia. Larwa zwykle różni się budową ciała i zachowaniem od postaci dorosłej owada tego samego gatunku.
- 8) Hiperoksja – wyższe stężenie tlenu w powietrzu.

- 9) Normoksja – normalne stężenie tlenu, to znaczy 21% objętości powietrza.
- 10) Entomofagia – wykorzystanie owadów w diecie jako źródło składników odżywczych. Zjawisko występujące u zwierząt i człowieka. U zwierząt, entomofagia obserwowana jest u innych owadów (np. modliszki), pajączaków (np. pająki), płazów, gadów, ptaków i ssaków (w szczególności owadożernych). Entomofagia jest także jedną z diet wykorzystywaną przez człowieka w chowie zwierząt egzotycznych. U ludzi entomofagia nie jest niczym nowym i jest praktykowana w wielu kulturach np. azjatyckiej czy afrykańskiej. Szacuje się, że około 2 miliardy ludzi na świecie regularnie w swojej diecie spożywa owady.
- 11) Behawior – inaczej zachowanie, czyli reakcja organizmu na bodźce płynące ze środowiska.
- 12) Dobrostan – fizyczny i psychiczny stan zdrowia zwierząt wynikający z prawidłowego utrzymania pozwalającego na zaspokojenie podstawowych potrzeb zwierząt.
- 13) Stado rozrodcze – inaczej stado podstawowe, stado owadów, którego celem jest uzyskanie nadwyżki zwierząt przeznaczonych do tuczu.
- 14) Stado produkcyjne – owady w tym stadzie są intensywnie tuczone a następnie ubijane w celu pozyskania składników odżywczych.
- 15) Fototropizm – reakcje organizmu na światło widzialne. Wyróżniamy reakcje dodatnią i ujemną.
- 16) Fotoperiod – okres oddziaływania światła widzialnego na zwierzęta w rytmie dobowym.
- 17) Zagęszczenie – liczba zwierząt w hodowli przypadająca na jednostkę powierzchni w pojemniku.
- 18) Kanibalizm – zjadanie osobników własnego gatunku. Zjawisko może pojawiać się w hodowlach owadów przy zbyt dużym zagęszczeniu lub przy niedoborach wody i pokarmu.

- 19) Śmiertelność – stosunek liczby zgonów do liczby osobników w hodowli
- 20) Novel food – nowa żywność. Zgodnie z wytycznymi UE jest to pokarm, który jest spożywany tradycyjnie poza obszarem Unii Europejskiej. Określenie to dotyczy również jedzenia uznawanego za żywność innowacyjną i/lub wytworzonego przy pomocy nowoczesnych technologii i procesów.
- 21) ONZ – Organizacja Narodów Zjednoczonych
- 22) UE – Unia Europejska
- 23) Łac. – po łacinie
- 24) Inbred – chów wsobny, czyli kojarzenie zwierząt spokrewnionych ze sobą. Inaczej, jest to prowadzenie hodowli bez wprowadzania osobników niespokrewnionych.
- 25) Outbred – chów niekrewniaczy, czyli kojarzenie ze sobą zwierząt niespokrewnionych.
- 26) Zoohigiena – utrzymywanie uzasadnionej ekonomicznie hodowli zwierząt gospodarskich, warunkowane przez celowe wykorzystanie czynników nieożywionych i ożywionych. Dąży się do tego, aby czynniki panujące w hodowli jak najlepiej wspierały rozwój i tucz zwierząt zgodnie z ich fizjologią.
- 27) *Tenebrio molitor* – łacińska nazwa mącznika młynarka
- 28) *T. molitor* – patrz *Tenebrio molitor*
- 29) Hemocel – charakterystyczna dla stawonogów mieszana jama ciała.
- 30) Tracheole – najmniejsze odgałęzienie tchawki, w którym znajduje się płyn.
- 31) Ad libidum – łac. Do woli
- 32) Chityna – substancja, z której zbudowany jest pancerz owadów. Pancerz stanowi szkielet zewnętrzny.
- 33) Patogen – czynnik chorobotwórczy. Zaliczamy do nich wirusy, bakterie, grzyby, pasożyty.

- 34) Homeostaza – zdolność organizmu do utrzymywania równowagi wewnętrznej przy jak najmniejszym wydatkowaniu energii.
- 35) IPIFF – International Platform of Insects for Food and Feed (Międzynarodowa Platforma Owadów dla Żywności i Pasz). Jest to unijna organizacja non-profit, która reprezentuje interesy sektora produkcji owadów wobec decydentów, interesariuszy i obywateli. Platforma ma na celu promocję wykorzystywania owadów w żywieniu ludzi oraz ma na celu spożytkowanie owadów w paszach dla zwierząt.
- 36) Gatunek inwazyjny – gatunek obcy, który konkuruje z gatunkami rodzimymi w środowisku. Są to gatunki, które rozprzestrzeniają się na terenach, na których wcześniej nie występowały i stanowią zagrożenie dla gatunków rodzimych.
- 37) PAP – Processed Animal Protein. Określenie dla przetworzonego białka zwierzęcego.
- 38) Termostat – urządzenie utrzymujące stałą temperaturę w danym układzie np. w pomieszczeniu

9. Literatura

1. Adámková A., Adámek M., Mlček J., Borkovcová M., Bednářová M., Kouřimská L., Skácel J., Vítová E. 2017. Welfare of the Mealworm (*Tenebrio molitor*) Breeding with Regard to Nutrition Value And Food Safety. *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 11(1): 460-465.
2. Adámková A., Adámek M., Mlček J., Borkovcová M., Bednářová M., Kouřimská L., Skácel J., Vítová E. 2017. Welfare of the Mealworm (*Tenebrio molitor*) Breeding with Regard to Nutrition Value And Food Safety. *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 11(1): 460-465.
3. Aguilar-Miranda E.D., López M.G., Escamilla-Santana C., Barba De La Rosa A.P. 2002. Characteristics of maize flour tortilla supplemented with ground *Tenebrio molitor* larvae. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(1): 192-195.
4. Aguilar-Miranda E.D., López M.G., Escamilla-Santana C., Barba De La Rosa A.P. 2002. Characteristics of maize flour tortilla supplemented with ground *Tenebrio molitor* larvae. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(1): 192-195.
5. Akhtar Y., Isman M.B. 2018. Insects as an Alternative Protein Source. *Proteins in Food Processing*: 264-288.

6. Balfour C., Carmichael L. 1928. The light reactions of the mealworm (*Tenebrio molitor* LINN). The American Journal of Psychology, 40: 576-584.
7. Barker D., Fitzpatrick M.P., Dierenfeld E.S. 1998. Nutrient composition of selected whole invertebrates. Zoo Biology, 17: 123-134.
8. Barron A.B., Klein C. 2016. What insects can tell us about the origins of consciousness. Proceedings of the National Academy of Sciences, 113(18), 4900-4908.
9. Bordiean A., Krzyżaniak M., Stolarski M. J., Czachorowski S., Peni D. 2020. Will Yellow Mealworm Become a Source of Safe Proteins for Europe?. Agriculture, 10(6), 233.
10. Bovera F., Loponte R., Marono S., Piccolo G., Parisi G., Iaconisi V., Gasco L., Nizza A. 2016. Use of *Tenebrio molitor* larvae meal as protein source in broiler diet: Effect on growth performance, nutrient digestibility, and carcass and meat traits. American Society of Animal Science, 94: 639-647.
11. Chen G.F., Liu T.J. 1992. Studies on the blonomics and breeding of yellow mealworm, *Tenebrio molitor* L. J. Fujian Normal Univ. 8: 66-74.
12. Cloudsley-Thompson J.L. 1953. Studies in diurnal rhythms. IV. Photoperiodism and geotaxis in *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae). Proceedings of the Royal Entomological Society, London A, 28: 117-131.
13. Connat J.L., Delbecq J.P., Glitho I., Delachambre J. 1991. The onset of metamorphosis on *Tenebrio molitor* larvae (Insecta, Coleoptera) under grouped, isolated, and starved conditions. Journal of Insect Physiology, 37: 653-662.
14. Cortes Ortiz J.A., Ruiz A.T., Morales-Ramos J.A., Thomas M., Rojas M.G., Tomberlin J.K., Yi L., Han R., Giroud L., Jullien R.L. 2016. Chapter 6 – Insect Mass Production Technologies, str:

- 153-201. [W:] A.T. Dossey, J.A. Morales-Ramos, M. Guadalupe Rojas (red.). Insects as Sustainable Food Ingredients: Production, Processing and Food Cover for Insects as Sustainable Food Ingredients. Academic Press.
15. Cotton R.T. 1927. Notes on the biology of the mealworms *Tenebrio molitor* L. and *T. obscurus* FAB. 20: 81-86.
 16. Cotton R.T., St George R.A. 1929. The mealworms. Technical Bulletin of the U.S. Department of Agriculture, 95: 1-37.
 17. De Goede D.M., Erens J., Kapsomenou E., Peters M. 2013. Large scale insect rearing and animal welfare. In The ethics of consumption. Wageningen Academic Publishers, Wageningen.
 18. Defoliart G.R. 1995. Edible insects as mini livestock. Biodiversity and Conservation, 4: 306-321.
 19. Dyrektywa 2002/32/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 7 maja 2002 r. w sprawie niepożądanych substancji w paszach zwierzęcych
 20. EFSA Scientific Committee, 2015. Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. EFSA Journal 2015, 13(10): 4257, doi:10.2903/j.efsa.2015.4257
 21. Esperk T., Tammaru T., Nylin S. 2007. Intraspecific variability in number of larval instars in insects. Journal of Economic Entomology, 100: 627-645.
 22. Finke M.D. 2002. Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores. Zoo Biology, 21(3): 269-285.
 23. Fraenkel G. 1950. The Nutrition of the Mealworm, *Tenebrio molitor* L. (Tenebrionidae, Coleoptera). Physiological zoology, 23: 92-108, doi:10.1017/CBO9781107415324.004

24. Gjerris M., Gamborg C., Röcklinsberg H. 2016. Ethical aspects of insect production for food and feed. *Journal of Insects as Food and Feed*, 2(2), 101-110.
25. Gołębiowska Z., Nawrot J. 1976. *Szkodniki magazynowe*. Warszawa.
26. Grau T., Vilcinskas A., Joop G. 2017. Sustainable farming of the mealworm *Tenebrio molitor* for the production of food and feed. *De Gryuter*, 2-13, DOI 10.1515/znc-2017-0033
27. Greenberg S., Ar A. 1996. Effects of chronic hypoxia, normoxia and hyperoxia on larval development in the beetle *Tenebrio molitor*. *Journal of Insect Physiology*, 42: 991-996.
28. Hopley D. 2016. The evaluation of the potential of *Tenebrio molitor*, *Zophobas morio*, *Naophoeta cinerea*, *Blaptica dubia*, *Gromphardhina portentosa*, *Periplaneta americana*, *Blatta lateralis*, *Oxyhalao duessa* and *Hermetia illucens* for use in poultry feeds. Thesis presented in partial fulfilment of the requirements for the degree of Masters of Science in Agriculture (Animal Sciences) at Stellenbosch University.
29. Howard R.W., Stanley-Samuelson D.W. 1990. Phospholipid fatty acid composition and arachidonic acid metabolism in selected tissues of adult *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 83(5): 975-981.
30. Huis A. Van, Itterbeeck J. Van, Klunder H., Mertens E., Halloran A., Muir G., Vantomme P. 2013. *Edible insects. Future prospects for food and feed security*. Rome, FAO Forestry Paper, 171: 1-201.
31. Karsten P., Island D. 2002. Raising Waxworms as Food Insects for Birds and Reptiles. *AFA Watchbird*, 4: 37-38.

32. Khan A. 2017. Stubborn plastic may have finally met its match: the hungry wax worm. Los Angeles Times. Retrieved April 25, 2017.
33. Khanbash M.S., Oshan H.S. 1997. Biological study on greater wax moth, *Galleria mellonella* L. in Lahj region, Yemen. Arab Journal of Plant Protection, 15(2): 80-83.
34. Kim N.J. 2015. Growth characteristics of mealworm *Tenebrio molitor*. Journal of Sericultural and Entomological Science, 53(1): 1-5. <https://doi.org/10.7852/jses.2015.53.1.1>
35. Kim S.Y., Park J. Bin, Lee Y.B., Yoon H.J., Lee K.Y., Kim N.J. 2015. Growth characteristics of mealworm *Tenebrio molitor*, J Seric entomology Sci., 53: 1-5.
36. Klasing K.C, Thaker P., Lopez M.A., Calvert C.C. 2000. Increasing the calcium content of mealworms (*Tenebrio molitor*) to improve their nutritional value for bone mineralization of growing chicks. J. Zoo. Wildlife Med. 31: 512-517.
37. Koo H., Kim S., Oh H., Kim J., Choi D., Kim D., Kim I. 2013. Temperature-dependent Development Model of Larvae of Mealworm beetle, *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera : Tenebrionidae). Korean Journal of Applied Entomology, 52: 387-394.
38. Lähteenmäki-Uutela A., Grmelova N. 2016. European law on insects in food and feed. European Food and Feed Law Review, 2-8.
39. Lambkin T.A. 2001. Investigations into the management of the darkling beetle. Rural Industries Research and Development Corporation, Kingston, Australia. 99 str.
40. Li G.S., Qi F., Cui M.X. 1998. Breeding technology of mealworm and housefly. Chinese Agricultural Science Bulletin, 14: 92-93.
41. Li L.Y., Zhao Z.R., Liu H. 2013. Feasibility of feeding yellow mealworm (*Tenebrio molitor* L.) in bioregenerative life support

- systems as a source of animal protein for humans. *Acta Astronautica*, 92(1): 103-109.
42. Loudon C. 1988. Development of *Tenebrio molitor* in low oxygen levels. *Journal of Insect Physiology*, 34: 97-103.
 43. Ludwig D. 1956. Effect of temperature and parental age in the life cycle of the mealworm, *Tenebrio molitor* LINNAEUS (Coleoptera Tenebrionidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 49: 12-15.
 44. Ludwig D., Fiore C. 1960. Further studies on the relationship between parental age and the life cycle of the mealworm, *Tenebrio molitor*. *Annals of the Entomological Society of America*, 53: 595-600.
 45. Manojlovic B. 1987. A contribution of the study of the influence of the feeding of imagos and of climatic factors on the dynamics of oviposition and on the embryonal development of yellow mealworm *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae). *Zastita Bilja*, 38: 337-348.
 46. Manojlovic B. 1988. Influence of food and temperature on post-embryonal survival of the *Tenebrio molitor* L. *Zastita-bilja* (Yugoslavia), 39(1): 43-53.
 47. Martin H.E., Hare L. 1942. The Nutritive Requirements of *Tenebrio molitor*, 428-437.
 48. Martin R.D., Rivers J.P., Cowgill U.M. 1976. Culturing mealworms as food for animals in captivity. *International Zoo Yearbook*, 16: 63-70.
 49. Mather J.A. 2011. Philosophical background of attitudes toward and treatment of invertebrates. *ILAR journal*, 52(2), 205-212.
 50. Mcfarlane J.E. 1985. *Acheta domesticus*. [W:] SINGH P., MOORE R.F. (red.) *Handbook of Insect Rearing*, vol. I, Elsevier

- Science Publishing, Amsterdam, The Netherlands, str. 427-434.
51. Miryam D., Bar P.S.T., Oscherov M.E. 2000. Ciclo de Vida de *Tenebrio molitor* (Coleoptera, Tenebrionidae) en Condiciones Experimentales. Methods.
 52. Mohd Din A.R.J., Razak A.S., Sabaratnam V. 2012. Nutritive potential and utilization of super worm (*Zophobas morio*) meal in the diet of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) juvenile. African Journal of Biotechnology, 11(24): 6592-6598.
 53. Morales-Ramos J.A., Kay S., Rojas M.G., Shapiro-Ilan D.I., Tedders W.L. 2015. Morphometric analysis of instar variation in *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). Annals of the Entomological Society of America, 108: 146-159.
 54. Morales-Ramos J.A., Rojas M.G. 2015. Effect of larval density on food utilization efficiency of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). Journal of Economic Entomology, 108: 2259-2267, doi:10.1093/jee/fov208
 55. Morales-Ramos J.A., Rojas M.G., Kay S., Shapiro-Ilan W.L., Tedders W.L. 2012. Impact of adult weight, density, and age on reproduction of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). Journal of Entomological Science, 47: 208-220.
 56. Morales-Ramos J.A., Rojas M.G., Shapiro Ilan D.I., Tedders W.L. 2013. Use of nutrient self-selection as a diet refining tool in *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). Journal of Entomology Science, 48: 206-221.
 57. 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 Entomology Science, 45: 75-90.

58. Morales-Ramos J.A., Rojas M.G., Shapiro-Ilan D.I., Tedders W.L. 2011. Self-selection of two diet components by *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) larvae and its impact on fitness. *Environmental Entomology*, 40: 1285-1294.
59. Murray D.R.P. 1968. The importance of water in the normal growth of the larvae of *Tenebrio molitor*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 11: 149-168.
60. Pali-Schöll I., Binder R., Moens Y., Polesny F., Monsó S. 2019. Edible insects—defining knowledge gaps in biological and ethical considerations of entomophagy. *Critical reviews in food science and nutrition*, 59(17), 2760-2771.
61. Park J.B., Choi W.H., Kim S.H., Jin H.J., Han Y.S., Kim N.J. 2014. Developmental characteristics of *Tenebrio molitor* larvae (Coleoptera: Tenebrionidae) in different instars. *International Journal of Industrial Entomology*, 28(1), 5-9.
62. Punzo F. 1975. Effects of temperature, moisture and thermal acclimation on the biology of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). Iowa State University.
63. Punzo F., Mutchmor J.A. 1980. Effects of Temperature, Relative Humidity and Period of Exposure on the Survival Capacity of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of the Kansas Entomological Society*, 53: 260-270, doi:10.2307/25084029
64. Ramos-Elorduy J., Gonzalez E.A., Hernandez A.R., Pino J.M. 2002. Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to recycle organic wastes and as feed for broiler chickens. *Journal of Economic Entomology*, 95(1): 214-220.
65. Rho M.S., Lee K.P. 2016. Balanced intake of protein and carbohydrate maximizes lifetime reproductive success in the mealworm beetle, *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae).

- Journal of Insect Physiology, 91-92, 93-99. doi:10.1016/j.jinsphys.2016.07.002
66. Ribeiro N.T.G.M. 2017. *Tenebrio molitor* for food or feed. Rearing conditions and the effect of pesticides on its performance. Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de Coimbra para cumprimento dos requisitos nec, 70 str.
67. Rozporządzenie (WE) Nr 178/2002 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 28 stycznia 2002 r. ustanawiające ogólne zasady i wymagania prawa żywnościowego, powołujące Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności oraz ustanawiające procedury w zakresie bezpieczeństwa żywności.
68. Rozporządzenie (WE) nr 183/2005 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 12 stycznia 2005 r. ustanawiające wymagania dotyczące higieny pasz
69. Rozporządzenie Komisji (UE) 2017/893 z dnia 24 maja 2017 r. zmieniające załączniki I i IV do rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 999/2001 oraz załączniki X, XIV i XV do rozporządzenia Komisji (UE) nr 142/2011 w odniesieniu do przepisów dotyczących przetworzonego białka zwierzęcego.
70. Rozporządzenie Komisji (UE) 2017/893 z dnia 24 maja 2017 r. zmieniające załączniki I i IV do rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 999/2001 oraz załączniki X, XIV i XV do rozporządzenia Komisji (UE) nr 142/2011 w odniesieniu do przepisów dotyczących przetworzonego białka zwierzęcego
71. Rozporządzenie Komisji (UE) 2017/893 z dnia 24 maja 2017 r. zmieniające załączniki I i IV do rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 999/2001 oraz załączniki X, XIV i XV do rozporządzenia Komisji (UE) nr 142/2011 w od-

niesieniu do przepisów dotyczących przetworzonego białka zwierzęcego

72. Rozporządzenie Komisji (UE) nr 142/2011 z dnia 25 lutego 2011 r. w sprawie wykonania rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1069/2009 określającego przepisy sanitarne dotyczące produktów ubocznych pochodzenia zwierzęcego, nieprzeznaczonych do spożycia przez ludzi, oraz w sprawie wykonania dyrektywy Rady 97/78/WE w odniesieniu do niektórych próbek i przedmiotów zwolnionych z kontroli weterynaryjnych na granicach w myśl tej dyrektywy
73. Rozporządzenie Komisji (UE) nr 142/2011 z dnia 25 lutego 2011 r. w sprawie wykonania rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1069/2009 określającego przepisy sanitarne dotyczące produktów ubocznych pochodzenia zwierzęcego, nieprzeznaczonych do spożycia przez ludzi, oraz w sprawie wykonania dyrektywy Rady 97/78/WE w odniesieniu do niektórych próbek i przedmiotów zwolnionych z kontroli weterynaryjnych na granicach w myśl tej dyrektywy
74. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2015/2283 z dnia 25 listopada 2015 r. w sprawie nowej żywności, zmieniające rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1169/2011 oraz uchylające rozporządzenie (WE) nr 258/97 Parlamentu Europejskiego i Rady oraz rozporządzenie Komisji (WE) nr 1852/2001
75. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2015/2283 z dnia 25 listopada 2015 r. w sprawie nowej żywności, zmieniające rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1169/2011 oraz uchylające rozporządzenie (WE) nr 258/97 Parlamentu Europejskiego i Rady oraz rozporządzenie Komisji (WE) nr 1852/2001

76. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/429 z dnia 9 marca 2016 r. w sprawie przenośnych chorób zwierząt oraz zmieniające i uchylające niektóre akty w dziedzinie zdrowia zwierząt („Prawo o zdrowiu zwierząt”)
77. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1143/2014 z dnia 22 października 2014 r w sprawie działań zapobiegawczych i zaradczych w odniesieniu do wprowadzania i rozprzestrzeniania inwazyjnych gatunków obcych
78. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1069/2009 z dnia 21 października 2009 r. określające przepisy sanitarne dotyczące produktów ubocznych pochodzenia zwierzęcego, nieprzeznaczonych do spożycia przez ludzi, i uchylające rozporządzenie (WE) nr 1774/2002 Rozporządzenie wykonawcze (UE) nr 142/2011
79. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 999/2001 z dnia 22 maja 2001 r. ustanawiające zasady dotyczące zapobiegania, kontroli i zwalczania niektórych przenośnych gąbczastych encefalopatii
80. Shapiro-Ilan D., Rojas M.G., Morales-Ramos J.A., Lewis E.E., Tedders W.L. 2008. Effects of host nutrition on virulence and fitness of entomopatho-genic nematodes: lipid- and protein-based supplements in *Tenebrio molitor* diets. *Journal of Nematology*, 40: 13-9.
81. Siemianowska E., Kosewska A., Aljewicz M., Skibniewska K.A., Polak-Juszczak L., Jarocki A., Jedras M. (2013). Larvae of mealworm (*Tenebrio molitor* L.) as European novel food. *Agricultural Sciences*, 4(6), 287-291.
82. Spencer W., Spencer J. 2006. Management Guideline Manual for Invertebrate Live Food Species. EAZA Terr. Invertebr. TAG. 1-54.

83. Stebnicka Z. 1991. Czarnuchowate – Tenebrionidae, Bori-
dae. Klucze do oznaczania owadów Polski: cz. XIX, zeszyt 91,
Wrocław.
84. Stellwaag-Kittler F. 1954. Zur physiologie der käferhäutung
untersuchungen am Meklkäfer *Tenebrio molitor* L. Biologi-
sches Zentralblatt, 73: 12-49.
85. Tschinkel W.R., Willson C.D. 1971. Inhibition of pupa-
tion due to crowding in some tenebrionid beetles. Journal
of Experimental Zoology, 176: 137-145, doi:10.1002/
jez.1401760203
86. Tyshchenko V.P., Sheyk Ba A. 1986. Photoperiodic regulation
of larval growth and pupation of *Tenebrio molitor* L. (Coleop-
tera: Tenebrionidae). Entomological Review, 66: 35-46.
87. Urrejola S., Nespolo R., Lardies M.A. 2011. Diet-induced de-
velopmental plasticity in life histories and energy metabolism
in a beetle. Revista Chilena de Historia Natural, 84: 523-533,
doi:10.4067/S0716-078X2011000400005
88. Urs K.C.D., Hopkins T.L. 1973. Effect of moisture on growth
rate and development of two strains of *Tenebrio molitor* L.
(Coleoptera Tenebrionidae). Journal of Stored Products Rese-
arch, 8: 291-297.
89. Van Broekhoven S., Oonincx D.G.A.B., Van Huis A., Van Loo
J.J.A. 2015. Growth performance and feed conversion effi-
ciency of three edible mealworm species (Coleoptera: Tene-
brionidae) on diets composed of organic by-products. Journal
of Insect Physiology, 73: 1-10.
90. Van Huis A. 2012. Potential of Insects as Food and Feed in
Assuring Food Security, Annual Review of Entomology, 58(1).
91. Van Huis A. 2017. New sources of animal proteins: edible in-
sects. In New aspects of meat quality. Woodhead Publishing.

92. Van Huis, A. 2019. Welfare of farmed insects. *Journal of Insects as Food and Feed*, 5(3), 159-162.
93. Weaver D.K., Mcfarlane J.E. 1990. The effect of larval density on growth and development of *Tenebrio molitor*. *Journal of Insect Physiology*, 36: 531-536.
94. Wu S.X. 2009. Studies on optimization of rearing condition and nutriment content of larvae of *Tenebrio molitor* L. Anhui Agricultural University, Master Degree.
95. Wu S.X., Lin M.T., Li M.Y., Tang X.K. 2009. Determination of some important technique parameters in the course of breeding *Tenebrio molitor*. *Journal of Economic Animal*, 13(1): 28-31.
96. Xu S.C., Gu M.Z., Liu X.W., Yang L.L. 2012. Experimental Population Life Table of *Tenebrio molitor* at Different Temperatures. *Journal of Henan Agricultural Sciences*, 3: 024.

