




Wroclaw University
of Economics and Business

Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu

Wroclaw University of Economics and Business

<https://www.wir.ue.wroc.pl>

Publikacja / Publication	Owady jadalne – żywność przyszłości, Orkuszk Agnieszka
DOI wersji wydawcy / Published version DOI	http://dx.doi.org/10.15611/nit.2021.37.08
Adres publikacji w Repozytorium URL / Publication address in Repository	https://www.wir.ue.wroc.pl/info/article/UEWR10d6345416c8421ba959fe593eed1557/
Data opublikowania w Repozytorium / Deposited in Repository on	29 sie 2022
Rodzaj licencji / Type of licence	Attribution - ShareAlike CC BY-SA 
Wersja dokumentu / Document version	wersja wydawcy / publisher version
Cytuj tę wersję / Cite this version	Orkuszk Agnieszka: Owady jadalne – żywność przyszłości, Nauki Inżynierskie i Technologie. Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu, no. 37, 2021, pp. 151-160, DOI:10.15611/nit.2021.37.08

Agnieszka Orkus

Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu

e-mail: agnieszka.orkusz@ue.wroc.pl

ORCID: 0000-0001-5394-7407

OWADY JADALNE – ŻYWNOŚĆ PRZYSZŁOŚCI*

EDIBLE INSECTS – FUTURE FOOD

DOI: 10.15611/nit.2021.37.08

JEL Classification: I10

Streszczenie: Zmiany klimatu, które zagrażają dobrobytowi następnych pokoleń, są dla ludzkości najpoważniejszym wyzwaniem. Kwestie dotyczące środowiska stają się dla konsumentów ważniejsze niż kiedykolwiek wcześniej. Owady jadalne to nowy składnik żywności o dużym potencjale, który może przyczynić się do zapewnienia światowego bezpieczeństwa żywnościowego i stanowić interesującą alternatywę pokarmową, zwłaszcza dla produktów mięsnych. W pracy omówiono uwarunkowania społeczne i przyrodnicze hodowli owadów jadalnych, zjawisko entomofagii, fazy rozwojowe owadów, charakterystyki wybranych gatunków owadów jadalnych o wysokim potencjale do wykorzystania jako żywność oraz przedstawiono ich wartość odżywczą.

Słowa kluczowe: entomofagia, owady jadalne, hodowla, zmiany klimatu, wartość odżywcza.

Abstract: Climate change, which threatens the well-being of future generations, is humanity's most serious challenge. Environmental issues are becoming more important to consumers than ever before. Edible insects are a new food ingredient with great potential to contribute to global food security and provide an interesting food alternative, especially for meat products. This paper discusses the social and natural conditions of edible insect farming, the phenomenon of entomophagy, developmental stages of insects, characteristics of selected edible insect species with high potential for use as food, and presents their nutritional value.

Keywords: entomophagy, edible insects, breeding, climate change, nutritional value.

* Projekt finansowany w ramach programu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego pod nazwą „Regionalna Inicjatywa Doskonałości” w latach 2019-2022 nr projektu 015/RID/2018/19 kwota finansowania 10 721 040,00 PLN.

Autorka dziękuje mgr Dorocie Matysiak, pracownikowi Biblioteki Głównej Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, za pomoc w pozyskaniu literatury do pracy.

1. Wstęp

Prognozy wskazują, że w 2050 roku populacja ludzi na ziemi osiągnie ponad 9 miliardów (Kaneda i Bietsch, 2020). W tym kontekście uzasadnione jest poszukiwanie nowych źródeł składników odżywczych, w tym białka, i konieczne jest prowadzenie badań nad dywersyfikacją źródeł żywności, w ramach której jako obiecujący kierunek wskazywane są owady jadalne. Owady żyjące w naturalnych środowiskach nie są w stanie zaspokoić rosnącego popytu na żywność, w związku z tym poszukuje się ekonomicznie zrównoważonego, wydajnego i bezpiecznego sposobu produkcji owadów jadalnych.

Celem pracy jest omówienie uwarunkowań społecznych i przyrodniczych hodowli owadów jadalnych, zjawiska entomofagii, faz rozwojowych owadów, charakterystyki wybranych gatunków owadów jadalnych o wysokim potencjale do wykorzystania jako żywność oraz przedstawienie ich wartości odżywczej.

2. Hodowla owadów

Intensywna hodowla owadów jest przyjazna dla środowiska, ponieważ zajmuje ona mało przestrzeni, w dodatku może to być dowolna przestrzeń, bez konieczności wykorzystania dużych obszarów ziemi. Hodowla owadów może być realizowana zewnętrznie i wewnętrznie (Rumpold i Schluter, 2013). Pierwszy sposób obejmuje hodowlę owadów na terenach otwartych – na odpadach leśnych, w starych drzewach, trocinach (mrówki w Tajlandii, jedwabniki w Chinach). Drugi natomiast odbywa się w pomieszczeniach zamkniętych (Zarzyńska i Zabielski, 2020).

Owady efektywnie przyswajają składniki odżywcze z paszy, co sprawia, że z tej samej ilości suchego pokarmu owady są w stanie wyprodukować kilkakrotnie więcej masy niż drób czy bydło. Co więcej, owady na ogół zadawalają się pokarmem, który z punktu widzenia rolnictwa jest odpadem – liśćmi, otrębami, wyciekami warzywnymi i owocowymi. Zużycie wody przy hodowli owadów jest kilkaset razy mniejsze niż w przypadku upraw roślin czy też hodowli bydła, trzody czy drobiu. Owady mają bowiem niskie zapotrzebowanie na wodę. Niektórym gatunkom, m.in. *Tenebrio molitor*, wystarczy dostarczenie jej w pożywieniu poprzez owoce i warzywa, inne (np. *Acheta domesticus*) muszą mieć dostęp do wody w poidełku, jednak w niewielkiej ilości, aby zapobiec utonięciu owadów (Dossey, Morales-Ramos i Rojas, 2016). Wyprodukowanie dowolnego produktu spożywczego o tej samej co owady wartości odżywczej wymaga dużo większych nakładów (Rumpold i Schluter, 2013; van Huis, van Gurp i Dicke, 2013; Heckmann i in., 2019).

Hodowla owadów wiąże się z niższą w porównaniu z hodowlą zwierząt gospodarskich emisją gazów cieplarnianych. Rosnąca produkcja mięsa jest uznawana za jedną z głównych przyczyn zmian klimatu, które zagrażają dobrobytowi następnych pokoleń. Szacuje się, że zwierzęta hodowlane odpowiedzialne są za 20% światowej emisji gazów cieplarnianych (Rumpold i Schluter, 2013).

Istnieją również dowody, że duże hodowle zwierząt mogą być siedliskiem epidemii, takich jak ptasia czy świńska grypa. Wiele mówi się także o cierpieniu masowo ubijanych zwierząt.

Nowym składnikiem żywności o ogromnym potencjale, który może przyczynić się do zapewnienia światowego bezpieczeństwa żywnościowego, pomóc w rozwiązaniu problemu niedożywienia na świecie i stanowić interesującą alternatywę pokarmową, zwłaszcza dla produktów mięsnych, są właśnie owady jadalne (Imathiu, 2020).

3. Entomofagia – spożywanie owadów

Spożywanie owadów, znane jako entomofagia, jest pojęciem obcym kulturze zachodniej, ale szacuje się, że stanowi integralną część diety co najmniej 2 miliardów ludzi w Azji, Ameryce Łacińskiej, Afryce, Australii (Belluco i in., 2013; Kinyuru i in., 2013; Raheem i in., 2019; Sogari, Bogueva i Marinova, 2019). Na świecie spożywa się ponad 2000 gatunków owadów jadalnych (Yde, 2017). Najczęściej spożywane są gatunki należące do rzędu Coleoptera (chrząszcze, 31,2%); Lepidoptera (motyle, 17,1%); Hymenoptera (pszczoły, osy, mrówki, 15,2%); Orthoptera (szarańcze, świerszcze, koniki polne, 13,2%) i Hemiptera (pluskwiaki, 11,2%).

Wprowadzenie owadów do diety wymaga zmiany mentalności konsumentów i przekonań kulturowych nie tylko w Polsce, ale i w Europie, ponieważ w kulturze zachodniej ludzie postrzegają owady bardzo negatywnie, określając je sformułowaniami jednoznacznie sugerującymi obrzydzenie i odrzucenie. Jednak gdy typowa postać owada ulega ukryciu (zmieleniu/rozdrobieniu) oraz wkomponowaniu w inne produkty spożywcze, wówczas łatwiej jest nakłonić konsumenta do spróbowania nowego dania (Orkus, Wolańska, Harasym, Piwowar i Kapelko, 2020). Choć dla wielu Europejczyków wprowadzenie owadów do swojego jadłospisu wydaje się odległe, a dla części wręcz niemożliwe, istnieją w Europie takie kraje, w których spożywa się owady jadalne. Produktem regionalnym na Sardynii we Włoszech jest ser owczy o nazwie casu marzu (van Huis i in. 2014). Wykorzystanie owadów jadalnych w produkcji tego sera polega na użyciu jaj złożonych przez tzw. muchę serową (*Piophilha casei*) na powierzchni sera. Z jaj wylęgają się larwy, które odpowiedzialne są za nadanie specyficznego, delikatnego smaku i tekstury sera owczego produkowanego wyłącznie na własny użytek. Ser jedzony jest z larwami, których długość wynosi około 8 mm i są bezbarwne. W innym regionie Włoch, Friuli, miejscowa ludność wysysa słodki nektar z żywych motyli *Zygaena transalpina Esper*; *Zygaena ephialtes Linnaeus* (Bartkowicz i Babicz-Zielińska, 2016).

Zainteresowanie entomofagią na Zachodzie systematycznie rośnie. Za popularyzację wprowadzenia owadów jadalnych do diety człowieka odpowiada w dużej mierze Organizacja Narodów Zjednoczonych do spraw Wyżywienia i Rolnictwa (FAO). W 2013 roku FAO opublikowała obszerny raport (Van Huis i in., 2013) przedstawiający argumenty, przekonujące, że mieszkańcy Zachodu powinni zaakceptować ten

nowy rodzaj żywności. W rozporządzeniu Parlamentu Europejskiego i Rady Unii Europejskiej 2015/2283 (European Parliament and Council of the European Union, 2015) całe owady i ich części zostały włączone do kategorii nowej żywności. Ponadto w 2015 r. Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności (EFSA) przedstawił opinię naukową na temat spożycia owadów i zaproponował wykaz gatunków owadów o wysokim potencjale do wykorzystania jako żywność zarówno dla ludzi, jak i dla zwierząt (EFSA Scientific Committee, 2015). W 2021 EFSA wydał pozytywną opinię naukową na temat bezpieczeństwa suszonych larw mącznika żółtego (*Tenebrio molitor* larva) (EFSA NDA Panel, 2021a), a także mrożonej oraz suszonej szarańczy wędrowniej (*Locusta migratoria*) (EFSA NDA Panel, 2021b) jako nowej żywności zgodnie z rozporządzeniem (UE) 2015/2283. Poza wymienionymi za najbardziej obiecujący gatunek owadów jadalnych wykorzystywany do konsumpcji w Europie uważa się świerszcza domowego (*Acheta domestica*).

Pomimo rosnącego zainteresowania ze strony przedsiębiorców wiedza na temat opłacalności produkcji owadów na skalę przemysłową jest niewielka. Niyonsaba i in. (2021) podjęli pierwszą próbę oceny opłacalności produkcji czterech gatunków owadów: muchy czarnej (*Hermetia illucens*), pleśniakowca lśniącego (*Alphitobius diaperinus*), mącznika młynarka (*Tenebrio molitor*) i świerszcza domowego (*Acheta domestica*). Opierając się na przeglądzie literatury, autorzy wykazali, że ceny sprzedaży owadów są bardzo zróżnicowane i zależą od wielu czynników, m.in.: gatunku owada, rodzaju produktu (larwa, poczwarka, osobnik dorosły), formy sprzedaży (świeże, przetworzone – przetwarzanie wymaga dodatkowych kosztów), rodzaju rynku (ceny sprzedaży produktów spożywczych przeznaczonych do spożycia przez ludzi są wyższe niż paszy czy karmy dla zwierząt domowych, co wynika z wyższej jakości wymaganej przy produkcji żywności), dużych różnic w kosztach operacyjnych (np. wody, energii elektrycznej, pracy, pokarmu dla owadów), w szczególności między krajami zachodnimi i niezachodnimi (gdzie ceny sprzedaży owadów są stosunkowo niskie). Zaobserwowano, że cena zarówno larw, jak i mąki pozyskanej ze świerszcza domowego jest wyższa od cen pozostałych gatunków owadów. Według autorów, jest to jeden z powodów, dla których firmy produkujące żywność oraz pasze chętniej będą włączały do swoich produktów tańsze gatunki owadów, tj. muchę czarną, mącznika młynarka i pleśniakowca lśniącego.

4. Rozwój osobniczy owadów

Większość owadów, np. chrząszcze, motyle, muchówki, w rozwoju osobniczym (Amann, 2009) przechodzi przeobrażenie zupełne. To oznacza, że ich stadia rozwojowe mają bardzo różną budowę i tryb życia. W zależności od gatunku samice owadów składają jaja w bardzo różnych miejscach, zawsze jednak najlepszych dla wylęgających się z nich później larw. Pierwsze stadium rozwojowe owada po wylęgu z jaja nosi nazwę larwy i bardzo różni się wyglądem od osobnika dorosłego (imago). Larwy chrabąszcza majowego nazywa się pędrakami, motyli – gąsienicami, a bez-

głowe i beznogie larwy muchówek – czerwiami. Larwy zwykle intensywnie żerują i rosną, przechodząc w życiu 3-4 linienia. Na koniec rozwoju larwa przekształca się w poczwarkę, która nie przyjmuje pokarmów i nie przenosi się z miejsca na miejsce. Rozróżnia się dwa rodzaje poczwarek – wolne i zamknięte. Poczwarka wolna, czyli taka, której odnóża są ułożone na zewnątrz i są łatwo dostrzegalne, jest typowa dla chrząszczy i błonkówek. Poczwarka zamknięta, na której powierzchni widać zarysy odnóży, ale nie można ich oddzielić od reszty ciała, jest typowa dla motyli. Larwy niektórych gatunków owadów przędą kokon, w którym znajduje się poczwarka. Poczwarka kończy rozwój przekształceniem się w dorosłego owada. U większości gatunków owad dorosły jest zdolny do rozrodu zaraz po wylęgu i potrafi latać.

Niektóre owady przechodzą rozwój bez stadium poczwarki, mówi się wówczas o tzw. przeobrażeniu niezupełnym (pluskwiaki, ważki). Ich larwy są podobne do owadów dorosłych i stopniowo w miarę linień coraz bardziej się do nich upodobniają. Larwa różni się od osobników dorosłych wielkością (rosną wraz z kolejnymi linieniami), brakiem skrzydeł i zdolności do rozrodu.

Rozwój osobniczy wielu owadów (od jaja do imago) trwa rok, co określa się jako generację roczną lub pojedynczą. Generacja podwójna oznacza, że pełny rozwój owadów może odbyć się dwa razy w roku. Generacja wielokrotna występuje u mszyc, świerszczy. Z kolei wieloletnią generacją charakteryzuje się np. chrabąszcz majowy; jego rozwój trwa najczęściej cztery lata.

5. Charakterystyka wybranych gatunków owadów jadalnych o wysokim potencjale do wykorzystania jako żywność

Mącznik młynarek (*Tenebrio molitor*); rząd Coleoptera; jeden z najpospolitszych gatunków chrząszczy z rodziny Tenebrionidae (Staněk, 1972).

Mącznik młynarek to chrząszcz kosmopolityczny występujący na wszystkich kontynentach z wyjątkiem Antarktydy. Owad często spotykany w całej Polsce (Przybyłowicz, 2008). Gatunek głównie synantropijny (Przybyłowicz, 2008), spotykany w piekarniach i młynach (Staněk, 1972). Znacznie rzadziej występuje w środowiskach naturalnych – w próchnie lub pod odstającą korą drzew. Mącznik młynarek to gatunek polifagiczny w stadium zarówno larwy, jak i imago. Odżywia się wszelkimi produktami pochodzenia zwierzęcego i roślinnego (Przybyłowicz, 2008). Owad dorosły żyje około miesiąca, jego długość życia, podobnie jak i larwy, zależy od temperatury – im wyższa, tym larwa szybciej rośnie, a imago żyje krócej (Kosewska, 2019). Około 10-14 dni po kopulacji samica składa kilkaset jaj (ok. 400-500), z których po 2-3 tygodniach wylęgają się malutkie larwy. W trakcie rozwoju larwalnego trwającego co najmniej cztery miesiące larwy przechodzą 10-16 linień. Dojrzałe larwy osiągają długość około 3 cm (Staněk, 1972). Stadium poczwarki w optymalnej temperaturze (32°C) trwa zaledwie 5 dni (Przybyłowicz, 2008). Młode dorosłe owady początkowo są białe (mają miękki egzoskielet), jednak szybko ciemnieją,

by w ostateczności przyjąć ubarwienie czarne, brązowe, kasztanowe lub czarno-brązowe (Kosewska, 2019). Owad dorosły jest błyszczący (Staněk, 1972), a jego długość ciała wynosi 12-18 mm. Mącznik młynarek to jeden z najpowszechniej wykorzystywanych przez człowieka owadów. Jego larwy stanowią pokarm zwierząt trzymany w klatkach i terrariach. Hodowla mącznika jest stosunkowo łatwa, gdyż rozmnaża się bardzo szybko na różnych odpadkach spożywczych (Staněk, 1972). Owad ten jest również organizmem modelowym do przeprowadzania badań i doświadczeń genetycznych, biochemicznych (Przybyłowicz, 2008).

Acheta domestica (świerszcz domowy); rząd Orthoptera; rodzina Gryllacrididae; liczba gatunków 600.

Owad ten żyje prawie w całej Europie i Afryce, w niektórych częściach Azji i Ameryki Północnej. W Europie i Ameryce Północnej *A. domestica* jest znany już jako typowy owad żyjący w domach mieszkalnych (Kieruzel, 1996), ale najczęściej przebywa w ciepłych i zaciemnionych miejscach – w ciepłych piwnicach czy kotłowniach. W Afryce Północnej natomiast występuje także poza ludzkimi osiedlami w warunkach naturalnych (Staněk, 1972). Możliwość schronienia się przed niekorzystnymi warunkami klimatycznymi sprawia, że cykl rozrodczy świerszcza domowego nie jest związany z określoną porą roku. Składanie jaj odbywa się przez cały rok, dlatego też obok siebie mogą występować różne stadia larwalne tego owada (Kieruzel, 1996). Samice składają podługne jaja w wilgotnej, pulchnej glebie (Staněk, 1972). Świerszcz przechodzi przeobrażenie niezupełne, a więc w rozwoju owada występują dwa stadia: larwa i postać dorosła – imago. Młode formy larwalne są miniaturami owadów dorosłych, ale są niedojrzałe płciowo i bezskrzydłe. Larwy przechodzą kilka linień, po których wyraźnie zwiększają swoje rozmiary. Po ostatniej linie, tzw. linie imaginalnej, stają się owadami dorosłymi (Kieruzel, 1996). Owad ten prowadzi nocny tryb życia, żywi się odpadkami pochodzenia roślinnego i zwierzęcego, ma wysmukłe ciało o długości 2 cm barwy brązowożółtej; stanowi karmę dla hodowlanych gadów, płazów i niektórych owadożernych ptaków oraz ssaków (Staněk, 1972).

6. Wartość odżywcza owadów jadalnych

Badania wskazują, że owady jadalne są wartościowym produktem żywnościowym (Van Huis i in., 2013) i cennym zastępnikiem mięsa (Orkus, 2021). Porównanie wartości odżywczej mięsa różnych gatunków zwierząt, jak również owadów jadalnych wskazuje, że zarówno mięso, jak i owady są bogate w składniki odżywcze (białko, tłuszcz, składniki mineralne, witaminy), w tym te, które uważane są za niezbędne (aminokwasy egzogenne, wielonienasycone kwasy tłuszczowe) dla prawidłowego rozwoju i funkcjonowania organizmu człowieka (Orkus, 2021). Obserwuje się jednocześnie, że zawartość poszczególnych składników odżywczych jest bardzo zróżnicowana. To zróżnicowanie jest oczekiwane, ponieważ powszechnie

wiadomo, że wartość odżywcza mięsa zwierząt rzeźnych różni się w zależności od: gatunku, wieku, płci, rodzaju mięśnia, warunków środowiskowych odchowu oraz diety zwierzęcia (Listrat i in., 2016; Park i in., 2018). Z kolei wartość odżywcza owadów zależy od stadium rozwojowego owada (Kulma i in., 2016), płci (Ade-molu i in., 2017; Kulma i in., 2019), paszy (Harsányi i in., 2020; Oonincx i van der Poel, 2011) oraz sposobu ich chowu, przygotowania i przetwarzania (Akhtar i Isman, 2018). Owad dorosły charakteryzuje się niższą kalorycznością niż larwa i poczwarka (Zielinska, Karas i Baraniak, 2018), co związane jest z ilością tłuszczu. Jego wyższą zawartość obserwuje się w larwach i poczwarkach niż w osobnikach dorosłych (Chen, Feng i Chen, 2009). Wartość energetyczna owadów waha się od 83 do 199 kcal/100g. Najwyższą zawartością białka charakteryzuje się postać dorosła owada, następnie larwa i poczwarka (Zielinska i in., 2018). Samice charakteryzują się wyższą wartością energetyczną i zawierają znacznie więcej lipidów i mniej białka niż samce (Kulma i in., 2019).

Przykładowo, zawartość białka w formach larwalnych gatunku *Bombyx mori*, *Tenebrio molitor*, *Gonimbrasia belina* wynosi odpowiednio 23,1 g/100 g, 25,0 g/100 g i 35,2 g/100 g. Zawartość tłuszczu wynosi w owadach od 4,4 do 24,9 g/100 g. Owady są również źródłem nienasyconych kwasów tłuszczowych, głównie kwasu oleinowego (C 18:1) i linolowego (C 18:2 *n*-6). Zawartość kwasów wielonienasyconych z rodziny *n*-6 – w porównaniu z kwasami z rodziny *n*-3 – w owadach mieści się w przedziale 0,43-19,25, a najwyższą proporcją *n*-6/*n*-3 charakteryzuje się osobnik dorosły gatunku *Acheta domesticus* i larwa gatunku *Tenebrio molitor* (Orkus, 2021).

W przeciwieństwie do mięsa zwierząt rzeźnych owady jadalne są źródłem błonika pokarmowego.

Składnikami mineralnymi, którym przypisuje się szczególną rolę w prawidłowym rozwoju i funkcjonowaniu organizmu człowieka, są wapń i żelazo. Do uzupełniania dziennej racji pokarmowej, w której występuje niedobór zarówno wapnia, jak i żelaza, może być wykorzystywany owad dorosły *Acheta domesticus*, *Gryllus bimaculatus* i larwa gatunku *Gonimbrasia belina* (Orkus, 2021). Co ważne, aby wykorzystać zawartość składników odżywczych zawartych w owadach, muszą być one spożywane w całości. Ze względu na niechęć konsumentów do jedzenia owadów w formie widocznej zaleca się ich mielenie przed dodaniem do tradycyjnie spożywanych potraw.

Owady – bez względu zarówno na gatunek, jak i na formę rozwoju – charakteryzują się wyższą od mięsa zawartością wapnia, cynku, miedzi i manganu. Należy również dodać, że zawartość większości składników mineralnych (fosforu, magnezu, żelaza, cynku, miedzi i manganu) w owadach jest dobrze zbilansowana w odniesieniu do energii. Owad dorosły gatunków *Acheta domesticus* i *Gryllus bimaculatus* oraz larwa gatunku *Gonimbrasia belina* mogą służyć do uzupełniania dobowej racji pokarmowej, w której występuje oprócz niedoboru wapnia i żelaza również niedobór sodu, potasu, fosforu, magnezu, cynku, miedzi i manganu (Orkus, 2021).

Owady – bez względu zarówno na gatunek, jak i na formę rozwoju – charakteryzują się wyższą od mięsa zawartością tokoferolu i witaminy C. Owady w porównaniu z mięsem są również lepszym składnikiem diety służącym do uzupełniania dziennej racji pokarmowej, w której występuje niedobór ryboflawiny. Najwyższe wartości wskaźników jakości żywieniowej dla ryboflawiny obserwuje się dla gatunku *Acheta domesticus* (forma dorosła i larwalna) oraz *Gryllus bimaculatus* (Orkusz, 2021). Człowiek nie jest w stanie syntetyzować ryboflawiny i musi ją dostarczać do organizmu z pożywieniem. Uzasadnione jest zatem wprowadzenie owadów do diety człowieka – jako alternatywnego względem mięsa źródła wielu składników odżywczych, w tym ryboflawiny, zwłaszcza w przypadku osób szczególnie narażonych na jej niedobory, to jest u osób spożywających nadmierne ilości alkoholu oraz osób w podeszłym wieku (Ashoori i Saedisomeolia, 2014). Owady mogą pomóc w uzupełnieniu dobowej racji pokarmowej, w której występuje niedobór kobalaminy (Orkusz, 2021). Na niedobór w organizmie tej witaminy narażone są osoby cierpiące na cukrzycę typu 2 (Calvo Romero i Ramiro Lozano, 2012), schorzenia żołądka (choroba wrzodowa, choroba refluksowa przełyku) oraz jelit (choroba Leśniowskiego-Crohna, celiakia) (Serrano, Yu, Goebel i Jensen, 1998).

7. Podsumowanie

Zmiany klimatu, które zagrażają dobrobytowi następnych pokoleń, są poważnym wyzwaniem. Kwestie dotyczące środowiska stają się dla konsumentów ważniejsze niż kiedykolwiek wcześniej. Owady jadalne to nowy składnik żywności o ogromnym potencjale, który może się przyczynić do zapewnienia światowego bezpieczeństwa żywnościowego i stanowić interesującą alternatywę pokarmową, zwłaszcza dla produktów mięsnych. Owady jadalne mogą być zatem szeroko wykorzystywane w przemyśle spożywczym. Mogą one służyć wzbogacaniu diety w pełnowartościowe białko, zwłaszcza diety roślinnej bazującej na białkach zbóż, które ubogie są w aminokwasy egzogenne, takie jak: lizyna, treonina, tryptofan. Mogą również stanowić podstawę opracowania wysokobiałkowych produktów. Znajomość wartości odżywczej owadów jadalnych może być wykorzystana m.in. do planowania, a następnie przygotowywania posiłków o prawidłowej zawartości składników odżywczych, a więc może sprzyjać zmianie nawyków żywieniowych, a co za tym idzie – ogólnej poprawie zdrowia człowieka. Ważne jest, aby owady jadalne wkomponowane były do diety w postaci zmielonej, niewidocznej dla konsumenta, ponieważ wśród Europejczyków nadal budzą obrzydzenie.

Pomimo intensywnych badań naukowych dotyczących możliwości wykorzystania owadów jadalnych, wiele zagadnień związanych z uwarunkowaniami ich spożycia nie zostało dotąd wyjaśnionych. Na szczególną uwagę w tym kontekście zasługują badania nad upodobaniami, przekonaniem i uprzedzeniami konsumentów wobec tej nowej grupy surowców o wysokim potencjale odżywczym.

Literatura

- Ademolu, K. O., Simbiat, E.S., Concilia, I. I., Adeyinka, A. A., Abiodun, O. J. i Adebola, A. O. (2017). Gender variations in nutritive value of adult variegated grasshopper, *Zonocerus variegatus* (L) (*Orthoptera: Pygomorphae*). *J. Kans. Entomol. Soc.*, 90, 117-121.
- Akhtar, Y. i Isman, M. B. (2018). Insects as an alternative protein source. Proteins in food processing. In *Food Science, Technology and Nutrition* (s. 263-288). Cambridge, UK: Woodhead Publishing Series.
- Amann, G. (2009). *Owady. Kieszonkowy atlas*. Warszawa: Multico Oficyna Wydawnicza.
- Ashoori, M. i Saedisomeolia, A. (2014). Riboflavin (vitamin B2) and oxidative stress: a review. *Br. J. Nutr.*, 111, 1985-1991.
- Bartkiewicz, J. i Babicz-Zielińska, E. (2016). Niekonwencjonalne źródło składników odżywczych dla człowieka. *Zeszyty naukowe Ostrołęckiego Towarzystwa Naukowego*, (XXX), 125-140.
- Belluco, S., Losasso, C., Maggioletti, M., Alonzi, C. C., Paoletti, M. G. i Ricci, A. (2013). Edible insects in a food safety and nutritional perspective: A critical review. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, (12), 296-313.
- Calvo Romero, J. M. i Ramiro Lozano, J. M. (2012). Vitamin B12 in type 2 diabetic patients treated with metformin. *Endocrinol. Nutr.*, 59, 487-490.
- Chen, X., Feng, Y. i Chen, Z. (2009). Common edible insects and their utilization in China. *Entomol. Res.*, 39, 299-303.
- Dossey, A.T., Morales-Ramos, J. i Rojas, M. G. (2016). *Insects as sustainable food ingredients production, processing and food application* (s. 164-165). Elsevier Science Publishing Co Inc International Concepts..
- European Parliament and Council of the European Union. (2015). Regulation (EU) 2015/ 2283 of the European Parliament and of the Council of 25 November 2015 on novel foods, amending Regulation (EU) No 1169/2011 of the European Parliament and of the Council and repealing Regulation (EC) No 258/97 of the European Parliament. *Off. J. of Eur. Union*, 327, 1-22.
- EFSA Scientific Committee. (2015). Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. *EFSA Journal*, 13(10), 4257.
- EFSA NDA Panel (EFSA Panel on Nutrition, Novel Foods and Food Allergens). (2021a). Turck, D., Castenmiller, J., De Henauw, S., Hirsch-Ernst, K.I., Kearney, J., Maciuk, A., ... Pelaez, C. i in. Scientific opinion on the safety of dried yellow mealworm (*Tenebrio molitor* larva) as a novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. *EFSA J.*, 19(1). doi:10.2903/j.efsa.2021.6343
- EFSA NDA Panel (EFSA Panel on Nutrition, Novel Foods and Food Allergens). (2021b). Dominique Turck, D., Castenmiller, J., De Henauw, S., Hirsch-Ernst, K.I., Kearney, J., Maciuk, A., ..., I., McArdle, H.J., Naska, A., Pelaez, C. i in. Safety of frozen and dried formulations from migratory locust (*Locusta migratoria*) as a Novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. doi: 10.2903/j.efsa.2021.6667. pdf
- Harsányi, E., Juhász, C., Kovács, E., Huzsvai, L., Pintér, R., Fekete, G., ... Gyuricza, C. (2020). Evaluation of Organic Wastes as Substrates for Rearing *Zophobas morio*, *Tenebrio molitor*, and *Acheta domesticus* Larvae as Alternative Feed Supplements. *Insects*, 11, 1-17, doi:10.3390/insects11090604.
- Heckmann, L.H., Andersen, J.L., Eilenberg, J., Fynbo, J., Miklos, R., Jensen, A., ... Roos, N. (2019). A case report on in valuable: Insect value chain in a circular bioeconomy. *J. Insects as Food Feed.*, 5, 9-13.
- Imathiu, S. (2020). Benefits and food safety concerns associated with consumption of edible insects. *NFS J.*, 18, 1-11.
- Kaneda, T. i Bietsch, K. (2020). World population data sheet, 2020. Population reference bureau (pp. 3-21/15). Pobrane z http://www.prb.org/pdf15/2015-world-population-data-sheet_eng.pdf %0Ahttp://www.jstor.org/st ble/1972177?origin=crossref
- Kieruzel, M. (1996). Zachowanie się międzysobnicze świerszcza domowego (*Acheta domesticus* L.). *Kosmos*, 45(2-3), 487-495.

- Kinyuru, J. N., Konyole, S. O., Roos, N., Onyango, C. A., Owino, V. O., Owuor, B. O., ... Kenji, G. (2013). Nutrient composition of four species of winged termites consumed in western Kenya. *J. Food Compos. Anal.*, (30), 120-124.
- Kosewska, O. (2019). Wieloaspektowe wykorzystanie owadów na przykładzie mącznika młynarka (*Tenebrio molitor*). W: W. Truszkowski (red.), *Uwarunkowania budowy biogospodarki i zrównoważonego rozwoju w Polsce* (s. 91-100). Olsztyn: Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie.
- Kulma, M., Plachý, V., Kouřimská, L., Vrabec, V., Bubová, T., Adámková, A. i Hučko, B. (2016). Nutritional value of three Blattodea species used as feed for animals. *J. Anim. Feed Sci.*, 25, 354-360, doi:10.22358/jafs/67916/2016.
- Kulma, M., Kouřimská, L., Plachý, V., Božik, M., Adámková, A. i Vrabec, V. (2019). Effect of sex on the nutritional value of house cricket, *Acheta domestica*. *L. Food Chem.*, 272, 267-272, doi: 10.1016/j.foodchem.2018.08.049
- Listrat, A., Lebret, B., Louveau, I., Astruc, T., Bonnet, M., Lefaucheur, L., ... Bugeon, J. (2016). How muscle structure and composition influence meat and flesh quality. *Sci. World, J.*, 1-14, doi:10.1155/2016/3182746
- Niyonsaba, H. H., Höhler, J., Kooistra, J., Van der Fels-Klerx, H. J. i Meuwissen, M. P. M. (2021). Profitability of insect farms. *J. Insects as Food Feed*, (7), 923-934, doi 10.3920/JIFF2020.0087
- Oonincx, D. G. A. B. i van der Poel, A. F. B. (2011). Effects of diet on the chemical composition of migratory locusts (*Locusta migratoria*). *Zoo Biol.*, 30, 9-16, doi:10.1002/zoo.20308
- Orkus, A. (2021). Edible Insects versus Meat-Nutritional Comparison: Knowledge of Their Composition Is the Key to Good Health. *Nutrients*, 13(4), 1207, 1-16. doi.org/10.3390/nu13041207.
- Orkus, A., Wolańska, W., Harasym, J., Piwowar, A. i Kapelko, M. (2020). Consumers' attitudes facing entomophagy: Polish case perspectives, *Int. J. environ. Res. Public Health*, (17), 2427; doi.org/10.3390/ijerph17072427
- Park, S. J., Beak, S. H., Jung, D. J. S., Kim, S. Y., Jeong, I. H., Piao, M. Y., ... Yoo, S. P., et al. (2018). Genetic, management, and nutritional factors affecting intramuscular fat deposition in beef cattle – A review. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.*, 31, 1043-1061.
- Przybyłowicz, Ł. (2008). *Atlas owadów*. Bielsko-Biała: Wydawnictwo Pascal sp. z o.o.
- Raheem, D., Carrascosa, C., Oluwole, O. B., Nieuwland, M., Saraiva, A., Millán, R. i Raposo, A. (2019). Traditional consumption of and rearing edible insects in Africa, Asia and Europe. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, (59), 2169-2188.
- Rumpold, B. A. i Schluter, O. K. (2013). Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, (17), 1-11.
- Serrano, J., Gibril, F., Yu, F., Goebel, S. i Jensen, R. (1998). Gastric antisecretory drug-induced achlorhydria causes decreases in serum vitamin B12 levels in patients with zollinger-ellison syndrome (ZES): A prospective study. *Gastroenterology*, 114(282) doi:10.1016/s0016-5085(98)81146-3
- Staněk, V. J. (1972). *Wielki atlas owadów*. Warszawa: PWRiL.
- Sogari, G., Bogueva, D. i Marinova, D. (2019). Australian consumers' response to insects as food. *Agric.*, 9, 1-15.
- Van Huis, A., Klunder, J. V. I. H., Merten, E., Halloran, A. i Vantomme, P. (2013). Edible insects. Future prospects for food and feed security. Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO), Rome, Italy. *Fao Forestry Papers*, (171).
- Van Huis, A., van Gurp, H. i Dicke, M. (2014). *The insect cookbook. Food for a Sustainable planet*. New York: Columbia University.
- Yde, J. (2017). *LIST2017 avh.xls (wur.nl). List of edible insects of the world-WUR*, 2017. Pobrano z www.wur.nl/en/Expertise-Services/Chairgroups/Plant-Sciences/Laboratory-ofEntomology/Edible-insects/Worldwide-species-list.htm
- Zarzyńska, J. i Zabielski, R. (2020). Entomofagia – jedzmy owady? *Życie Weterynaryjne*, 95(3), 166-172.
- Zielinska, E., Karas, M. i Baraniak, B. (2018). Comparison of functional properties of edible insects and protein preparations thereof. *LWT-Food Sci. Technol.*, 91, 168-174.