

Marek Zborowski^{1,*}, Anna Mikulec²

WYKORZYSTANIE OWADÓW JADALNYCH W PRODUKCJI ŻYWNOSCI

Streszczenie: W obliczu rosnącej populacji światowej oraz nasilającej się presji na zasoby naturalne owady jadalne zyskują na znaczeniu jako alternatywne, zrównoważone źródło białka. Artykuł omawia wieloaspektowe uwarunkowania wykorzystania owadów w produkcji żywności – od potencjału środowiskowego i odżywczego po wyzwania prawne, mikrobiologiczne oraz społeczne. Owady charakteryzują się wysoką wartością odżywczą, efektywnym wykorzystaniem paszy, niską emisją gazów cieplarnianych i ograniczonym zużyciem wody. Zawierają pełnowartościowe białko, korzystne kwasy tłuszczowe, witaminy oraz minerały. Włączenie owadów do diety może przyczynić się do poprawy bezpieczeństwa żywnościowego i zdrowia publicznego. Jednocześnie istotne są kwestie akceptacji społecznej i barier psychologicznych, w tym neofobii żywieniowej. Omówiono także aktualne regulacje prawne obowiązujące w Unii Europejskiej oraz przykłady praktycznego zastosowania owadów w różnych sektorach przemysłu spożywczego, takich jak piekarstwo, cukiernictwo, produkcja makaronów, wyrobów mięsnych i nabiału. Artykuł podkreśla potrzebę dalszych badań nad technologią przetwarzania owadów, ich bezpieczeństwem zdrowotnym oraz strategii zwiększania akceptowalności konsumenckiej.

Wprowadzenie

Kwestia bezpieczeństwa żywnościowego stała się kluczowym wyzwaniem o znaczeniu globalnym, skłaniając do refleksji nad wielowymiarową naturą systemów żywnościowych, obejmującą czynniki ekonomiczne, społeczne, kulturowe oraz polityczne [Omuse i in. 2024]. Przewiduje się, że do 2050 r. globalna populacja osiągnie 9,8 miliarda ludzi [ONZ 2017]. Wraz ze wzrostem liczby ludności znacząco wzrośnie globalne zapotrzebowanie na żywność. Według szacunków Światowej Organizacji Zdrowia może ono zwiększyć się od 59% do nawet 98%. [WHO 2021]. Nowsze badania wskazują jednak na zróżnicowane prognozy. W zależności od scenariusza rozwoju społeczno-gospodarczego oraz zmian klimatycznych globalne zapotrzebowanie na żywność może wzrosnąć od 35% do 56% do roku 2050 [van Dijk i in. 2021]. Dynamiczny wzrost zapotrzebowania na żywność będzie wywierał coraz silniejszą presję na ograniczone zasoby naturalne,

¹ Katedra Dietetyki, Wydział Lekarski i Nauk o Zdrowiu, Akademia Nauk Stosowanych w Nowym Sączu, ul. Kościuszki 2G, 33-300 Nowy Sącz.

² Katedra Zarządzania i Inżynierii Produkcji, Wydział Nauk Inżynierskich, Akademia Nauk Stosowanych w Nowym Sączu, ul. Staszica 1, 33-300 Nowy Sącz.

* mzbrowski@ans-ns.edu.pl

takie jak woda i gleba, co budzi poważne wątpliwości w aspekcie możliwości utrzymania zrównoważonego rozwoju obecnych modeli rolnictwa. Dodatkowo negatywne skutki zmian klimatycznych – w tym degradacja gleb, zmienność opadów atmosferycznych oraz ekspansja szkodników – jeszcze bardziej osłabiają wydajność produkcji rolnej. Co więcej, globalny system żywnościowy odpowiada za znaczną emisję dwutlenku węgla, co może znacząco utrudnić realizację celów klimatycznych zakładających ograniczenie wzrostu średniej temperatury do poziomu 1,5°C lub maksymalnie 2°C [Clark i in. 2020]. Wobec tych wyzwań konieczne staje się szybkie wdrożenie nowych, zrównoważonych, a zarazem sprawiedliwych systemów żywnościowych wspieranych przez odpowiednie strategie polityczne, które będą sprzyjać poprawie zdrowia i jakości życia ludzi na całym świecie. Alternatywą dla białek pochodzących z tradycyjnej produkcji zwierzęcej i roślinnej są białka pozyskiwane z owadów jadalnych [Huis 2016].

Zgodnie z danymi FAO wykorzystanie owadów jako składnika żywności zyskuje na znaczeniu w XXI w. głównie w kontekście rosnących kosztów produkcji białka zwierzęcego, pogłębiającego się problemu braku bezpieczeństwa żywnościowego, nasilającej się presji środowiskowej, dynamicznego przyrostu ludności oraz wzrastającego zapotrzebowania na białko wśród rozwijającej się klasy średniej. W związku z tym pojawia się pilna potrzeba poszukiwania alternatywnych jego źródeł, które mogłyby częściowo zastąpić tradycyjną hodowlę zwierząt. Spożycie owadów stanowi w tym kontekście korzystne rozwiązanie przyczyniające się do ochrony środowiska, poprawy zdrowia oraz zapewnienia źródeł utrzymania. FAO podkreśla również, że owady stanowią wartościowy i pełnowartościowy składnik diety bogaty w tłuszcze, białko, witaminy, błonnik oraz składniki mineralne. Tym samym mogą stanowić atrakcyjną alternatywę dla konwencjonalnych źródeł białka wspierającą proces przechodzenia na bardziej zdrową i zrównoważoną dietę [Huis van i in. 2013]. Owady jadalne jako alternatywne źródło białka dla tradycyjnej żywności dla ludzi oraz paszy dla zwierząt są interesujące pod względem niskiej emisji gazów cieplarnianych, wysokiej wydajności przetwarzania, niskiego wykorzystania gruntów i zdolności do przekształcania niskowartościowych organicznych strumieni ubocznych w wysokowartościowe produkty białkowe [Huis van 2016, Kowalski i in. 2023]. Alternatywą dla tego rodzaju białka mogą być również analogi roślinne które strukturą przypominają mięso oraz charakteryzują się wysoką wartością odżywczą [Lurie-Luke 2024].

Uwarunkowania prawne oraz bezpieczeństwo

Hodowla owadów z przeznaczeniem do spożycia przez ludzi budzi szereg istotnych wątpliwości związanych z bezpieczeństwem ich konsumpcji. Do głównych zagrożeń zalicza się m.in. specyficzną strukturę biologiczną owadów, wykorzystywanie odpadów jako materiału paszowego, potencjalne ryzyko mikrobiologiczne,

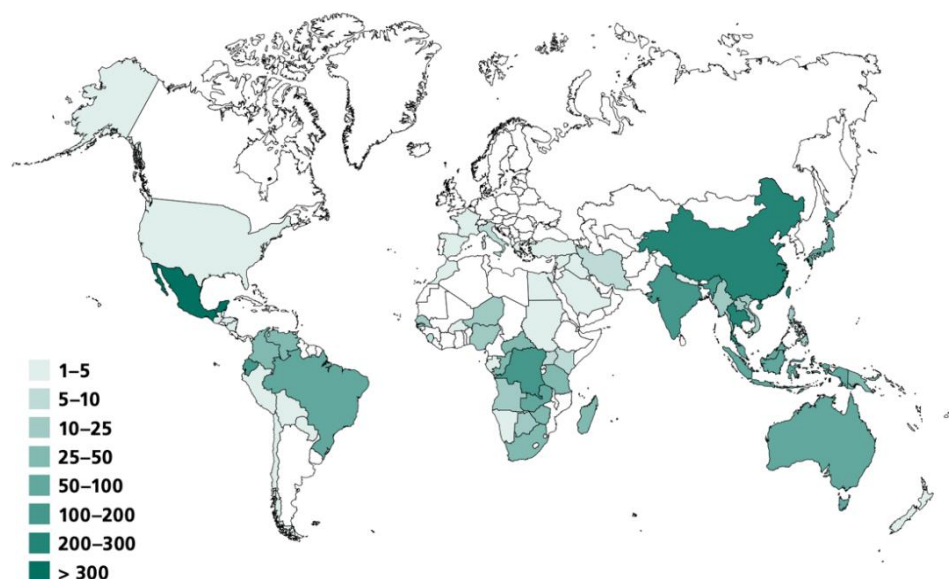
możliwość występowania reakcji alergicznych, obecność zanieczyszczeń toksykologicznych i nieorganicznych, a także ograniczoną percepcję sensoryczną utrudniającą ocenę jakości produktu [Ribeiro i in. 2017, Garofalo i in. 2019, Imathiou 2020]. Wprowadzanie owadów do diety człowieka powinno uwzględniać tradycyjną wiedzę na temat spożycia owadów w różnych krajach, jak i kwestie bezpieczeństwa żywności oraz regulacje oparte na znajomości łańcucha pokarmowego owadów w zależności od gatunku, pochodzenia, natury i stanu środowiska [Eswaran i in. 2023]. Rośliny mogą wchłaniać metale ciężkie do swoich tkanek z gleby i z zanieczyszczonego powietrza. Ich akumulacja w tkankach roślin może być następnie przenoszona na owady roślinożerne, które się nimi żywią. W rezultacie produkty roślinne, takie jak nektar, liście, kwiaty i owoce, a także organizmy, które je spożywają, w tym owady, mogą zostać zanieczyszczone i gromadzić te metale [Malematja i in. 2023]. Owady jadalne, ze względu na swoje naturalne zachowanie, są narażone na różne zanieczyszczenia, w tym substancje chemiczne powszechnie stosowane w zwalczaniu szkodników w rolnictwie, np. pestycydy, takie jak insektycydy, herbicydy i fungicydy. Zanieczyszczenie może nastąpić bezpośrednio – poprzez stosowanie pestycydów lub nawadnianie – lub pośrednio, gdy owady spożywają rośliny lub wodę zawierającą pozostałości pestycydów [Calatayud-Vernich i in. 2018].

Owady jadalne są również siedliskiem różnorodnych mikroorganizmów, z których niektóre przynoszą korzyści ochronne swoim gospodarzom, broniąc ich przed szkodliwymi mikrobami, organizmami pasożytniczymi i innymi zagrożeniami, podczas gdy inne mogą stanowić ryzyko mikrobiologiczne dla ludzi [Douglas 2015]. Innym realnym zagrożeniem wynikającym ze spożywania owadów są zawarte w nich białka, które mogą wywoływać reakcje alergiczne. Niektóre z nich wykazują podobieństwa do alergenów występujących w skorupiakach i roztoczach kurzu domowego. Ta reaktywność krzyżowa sugeruje potencjalne ryzyko dla osób z istniejącymi wcześniej alergiami pokarmowymi [Gier i Verhoeckx 2018]. Kanały handlowe jadalnych owadów różnią się w zależności od kraju i są zgodne z krajowymi przepisami i preferencjami żywieniowymi konsumentów. W krajach azjatyckich i afrykańskich handel opiera się głównie na krótkich łańcuchach dostaw, takich jak hurtowe zakupy i lokalne rynki, a także sprzedaż uliczna na rynkach miejskich, w supermarketach i sklepach typu *food convenience* [Colamatteo i in. 2025]. W obliczu wzrostu globalnego spożycia jadalnych owadów potrzeba wprowadzenia ram regulacyjnych zapewniających bezpieczeństwo konsumentów staje się coraz bardziej oczywista, co doprowadziło do wdrożenia przez wiele krajów konkretnych przepisów. W Unii Europejskiej (UE) owady są sklasyfikowane jako „nowa żywność” przez Komisję Europejską na mocy Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2015/2283 z dnia 25 listopada 2015 r. w sprawie nowej żywności [Rozporządzenie UE 2015]. Żywność ta zyskuje ostatnio popularność zarówno ze względu na jej potencjał odżywczy, jak i niewielki wpływ na środowisko. Rozporządzenie w sprawie nowej żywności dotyczy

wyłącznie zatwierdzenia produktu po przeprowadzeniu rygorystycznej oceny naukowej przez Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności (EFSA). Urząd weryfikuje, w świetle dostępnych dowodów naukowych, czy żywność nie stanowi zagrożenia dla zdrowia ludzkiego. Do tej pory udokumentowano około 2300 gatunków owadów jako jadalnych, w tym chrząszcze, gąsienice, osy, pszczoły, mrówki, świerszcze itp. [Ferrazzano i in. 2023, Kowalski i in. 2023, Ruiz i in. 2025]. Rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) 2017/2470 z dnia 20 grudnia 2017 r. ustanawiające unijny wykaz nowej żywności zgodnie z rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2015/2283 w sprawie nowej żywności dopuszcza do spożycia stosunkowo niewielką liczbę owadów jadalnych. Należą do nich larwy mączników (*Tenebrio molitor* L.), świerszcze domowe (*Acheta domestica* L.), szarańcza wędrowna (*Locusta migratoria*), a od 5 marca 2023 r. larwy dżdżownic (*Alphitobius diaperinus* P.). Dnia 20 stycznia 2025 r. Komisja zezwoliła na wprowadzenie do obrotu proszku z całych larw *Tenebrio molitor* (mącznika młynarka) poddanego działaniu promieniowania UV jako nowej żywności.

Owady jadalne na świecie

Hodowla, przetwarzanie i sprzedaż owadów jadalnych stanowi szansę na rozwój zrównoważonych systemów produkcji żywności [Omuse i in. 2024]. Spożycie owadów znacznie różni się w zależności od kraju i odzwierciedla różnicowane preferencje żywieniowe konsumentów. Najwięcej gatunków owadów jadalnych występuje w Azji (932), następnie w Ameryce Północnej (w tym w Meksyku) (529), Afryce (464) i Ameryce Południowej (300), najmniej natomiast w Oceanii (107) [Omuse i in. 2024]. Owady jadalne wyróżniają się wysoką efektywnością wykorzystania paszy oraz stosunkowo niskimi wymaganiami hodowlanymi w porównaniu z tradycyjną hodowlą zwierząt, takich jak trzoda chlewna czy bydło [Szulc 2023]. Choć współczynnik konwersji paszy różni się w zależności od gatunku owada oraz stosowanych praktyk produkcyjnych, to jednak ogólnie owady wykazują wyższą wydajność niż zwierzęta gospodarskie [Rumpold i Schlüter 2013, Cadinu i in. 2020, Madau i in. 2020]. W aspekcie środowiskowym hodowla owadów przyczynia się do zmniejszenia śladu węglowego oraz zużycia wody w porównaniu z konwencjonalnym rolnictwem zwierzęcym [Shi i in. 2022]. Emisja dwutlenku węgla podczas chowu owadów zależy od wielu czynników, takich jak gatunek, stadium rozwojowe, temperatura otoczenia, klimat oraz intensywność żerowania [Oonincx i in. 2010]. Dodatkowo hodowla owadów cechuje się znacznie mniejszym zapotrzebowaniem na wodę. Szacuje się, że globalne rolnictwo pochłania aż około 70% zasobów słodkiej wody [Lange i Nakamura 2021], co czyni alternatywne źródła białka, jak owady, wyjątkowo atrakcyjnymi z punktu widzenia zrównoważonego rozwoju.



Rysunek 1. Liczba gatunków owadów jadalnych odnotowanych w poszczególnych krajach

Źródło: Huis van i in. [2013], na podstawie danych Jongema [2012]

Obawy związane z jedzeniem owadów

Termin „entomofagia” (od greckich słów *έντομον* *éntomon*, „owad”, i *φάγειν* *phagein*, „jeść”) odnosi się do wykorzystywania owadów jako pożywienia [Kouřimská i Adámková 2016]. Preferencje żywieniowe konsumentów i ich wiedza na temat modeli żywieniowych mogą wpływać na wybór owadów jako elementów żywności [Onwezen i in. 2021]. Należy zaznaczyć, że pogląd na temat entomofagi zróżnicowany jest w różnych częściach świata [Lange i Nakamura 2021]. Badania nad akceptacją owadów i innych innowacyjnych produktów spożywczych przez konsumentów zazwyczaj podkreślają czynniki psychologiczne wpływające na początkową chęć jedzenia. Literatura wskazuje, że neofobia żywieniowa stanowi istotną barierę w spożywaniu owadów [Platta i in. 2024, Mikulec i in. 2024]. Wysoki poziom zarówno neofobii żywieniowej, jak i wstrętu, które mogą towarzyszyć konsumentom, są silnie powiązane, mogą utrudniać chęć spożywania jadalnych owadów, szczególnie z powodu braku znajomości samego produktu [La Barbera i in. 2018, Długoński i in. 2025]. Neofobia jest również powiązana z oczekiwaniami sensorycznymi dotyczącymi jedzenia. Owady mogą być postrzegane jako mające nieprzyjemny smak lub konsystencję, co odstrasza konsumentów od ich próbowania [Ruby i in. 2015, Mikulec i in. 2024, Długoński i in. 2025]. Trudności związane z akceptacją produktów spożywczych

na bazie owadów można skutecznie rozwiązać poprzez zwiększanie świadomości konsumenckiej na temat tej grupy surowców oraz zwiększoną ekspozycję społeczną na entomofagię, która zmniejsza neofobię żywieniową i wrażliwość na wstręt żywieniowy [Lopez-Santamarina i in. 2020]. Rozpowszechnienie na rynku produktów spożywczych powstałych z owadów jadalnych wymaga zmiany nastawienia do tego rodzaju żywności, ale potencjalne korzyści pod względem zdrowia, zrównoważonego rozwoju i ekonomii sprawiają, że są one realną i atrakcyjną opcją na przyszłość [Platta i in. 2024]. W wielu społeczeństwach krajów wysoko-rozwiniętych istnieje ogólna niechęć do spożywania owadów. W tych regionach owady są wyraźnie nieobecne w głównym nurcie wyborów konsumenckich, co klasyfikuje ich obecność do strefy produktów żywnościowych w niszowym sektorze spożywczym [Szlachciuk i Żakowska-Biemans 2024]. Niechęć konsumentów w Europie Zachodniej do akceptowania owadów jako źródła pożywienia można przypisać połączeniu czynników kulturowych, psychologicznych i sensorycznych [Serpico i in. 2021]. W czasie, gdy entomofagia wykazuje potencjał rozwiązania problemów bezpieczeństwa żywnościowego na świecie i szansę realizacji celów zrównoważonego rozwoju, staje jednocześnie przed wyzwaniami takimi jak akceptacja konsumencka, regulacje prawne oraz ogólnie rozumiana akceptowalność konsumencka.

Innym problemem, który należy rozwiązać, jest potencjalne ryzyko wiążące się z włączaniem proszku z owadów do żywności. Obawy z tym związane dotyczą właściwości alergizujących oraz zagrożeń chemicznych i biologicznych, które mogą niekorzystnie wpłynąć na postrzeganie tej praktyki przez konsumentów w wyniku realnych obaw o własne zdrowie [Mancini i in. 2022]. Badania wskazały, że głównymi determinantami warunkującymi spożycie jadalnych owadów są te związane z płcią, wiekiem, wartością odżywczą, cechami sensorycznymi, tradycją, kulturą, neofobią żywieniową, obrzydzeniem oraz doświadczeniami z przeszłości [Mancini i in. 2022, Florença i in. 2022]. Postawy konsumentów wobec jadalnych owadów zależą od takich czynników jak region, fobie, świadomość ekologiczna, świadomość zdrowotna, ryzyko spożycia owadów, osobiste doświadczenia i kultura. Wiek, płeć i wykształcenie zostały szeroko zbadane jako wpływowe czynniki społeczne wpływające na akceptację owadów wśród konsumentów [Platta i in. 2024]. Większość badań sugeruje, że młodsi ludzie mają tendencję do większej akceptacji owadów w porównaniu do starszych, a osoby w wieku od 15 do 35 lat wykazują wyższy poziom akceptacji w porównaniu z innymi grupami wiekowymi [Li i in. 2023]. Również badania prowadzone przez Plattę i współpracowników [2024] wskazują, że młodzi konsumenci mają pozytywne nastawienie do zakupu żywności z owadami. Badana grupa konsumentów oczekuje, że żywność ta będzie źródłem białka i kwasów tłuszczowych $n-3$. Poziom wiedzy i komfortu w odniesieniu do spożywania owadów, a także prawdopodobieństwo rozwinięcia nowych lęków lub niechęci do nowej żywności, są kluczowymi czynnikami, które wpływają na ich chęć zaakceptowania jadalnych owadów [Woolf i in. 2019].

Wartość odżywcza owadów

Spożywanie owadów rozpatrywane jest w aspekcie korzyści wynikających z ich wysokiej wartości odżywczej, która jest bardzo zróżnicowana, głównie ze względu na dużą liczbę i zmienność gatunków. Może się ona znacznie różnić nawet w obrębie grupy owadów w zależności od stadium metamorfozy, pochodzenia owada i jego diety. Wartość odżywcza zmienia się także w zależności od przygotowania i przetwarzania przed spożyciem [Kouřimská i Adámková 2016]. Owady jadalne charakteryzują się również zmienną kalorycznością, która waha się od 290 do ponad 750 kcal/100 g. Zazwyczaj dorosłe osobniki składają się z dużej ilości chityny, która jest niestrawna, a zatem mają niską kaloryczność. Chityna owadów (pancerz zewnętrzny) i jej pochodne mogą wpływać na zdrowie człowieka poprzez selektywne promowanie wzrostu pożytecznych gatunków bakterii w przewodzie pokarmowym [Stull 2021]. Chociaż chityna wydaje się działać jako prebiotyk w żywności o niskiej zawartości białka, jej pochodne wykazują lepsze wyniki w modulacji mikrobioty jelitowej, zwiększając wzrost pożytecznych i hamując wzrost niektórych potencjalnie patogennych bakterii. Pochodne chityny mają również działanie przeciwzapalne, stymulują odpowiedź immunologiczną, zapobiegają cukrzycy i otyłości oraz wspierają leczenie otyłości [Lopez-Santamarina i in. 2020]. Larwy i poczwarki zazwyczaj składają się z dużej ilości białek i tłuszczów, co odpowiada wysokiej kaloryczności. Stąd produkty wykonane z owadów w różnych stadiach mogą odpowiadać osobom o różnych preferencjach [Tang i in. 2019].

Owady są łatwo dostępnym źródłem białka, lipidów, węglowodanów, niektórych witamin i minerałów, takich jak wapń, żelazo lub cynk. Ich wartość energetyczna jest porównywalna z mięsem z wyjątkiem wieprzowiny z uwagi na jej wysoką zawartość tłuszczu. Owady są zwierzętami, a ich spożycie jest aktem przyjmowania pokarmu pochodzenia zwierzęcego, który cechują wyższe poziomy składników odżywczych – białka i tłuszczu. Dla porównania jadalne owady mają więcej energii, białka, tłuszczu, wielonienasyconych kwasów tłuszczowych i cholesterolu niż mięso zwierzęce oraz cechują się większą różnorodnością i zawartością pierwiastków śladowych niż mięso [Orkusz 2021, Zhou i in. 2022]. Głównym czynnikiem wpływającym na spożycie owadów przez ludzi jest wysoka zawartość w nich białka [Ojha i in. 2021]. Białko pochodzące z owadów charakteryzuje się wysoką wartością odżywczą i zawartością białka całkowitego oraz korzystnym profilem aminokwasowym. Ponadto obecność owadów w diecie jest źródłem wielonienasyconych kwasów tłuszczowych i składników o działaniu bioaktywnym [Zielińska i in. 2015]. Większość owadów dostępnych w handlu występuje w formie całych okazów lub mączek owadzych, a ich zastosowanie w produktach spożywczych rozpatrywane jest szczególnie w aspekcie wysokiej zawartości białka [Navarro del Hierro i in. 2020], która dla większości owadów waha się od około 12% do 70% suchej masy lub od 10% do 25% świeżej masy, co już jest

ogólnie wyższe niż w zbożach i roślinach strączkowych [Schlüter i in. 2017, Kipkoech 2023]. Na przykład zawartość białka w świeżych jadalnych gąsienicach i kurczaku wynosi odpowiednio 28 g/100 g świeżej masy i 21 g/100 g świeżej masy. Ponadto pod względem strawności białko owadów jest porównywalne z mlekiem, soją i kazeiną. Powszechnie spożywane owady mogą dostarczać nie mniej składników odżywczych niż konwencjonalny drób [Li i in. 2023]. Lipidy owadów stanowią drugą najliczniejszą grupę składników odżywczych owadów, zwykle wyższą w stadium larwalnym, przy czym suszone owady zawierają 10–50% lipidów [Li i in. 2023]. Tłuszcz owadów bogaty jest w wielonienasycone kwasy tłuszczowe, szczególnie omega-3 i omega-6, które mają pozytywny wpływ na zdrowie serca i funkcjonowanie mózgu [Nowak i in. 2016]. Skład i zawartość kwasów tłuszczowych różnią się w zależności od gatunku owadów. W przypadku larw chrząszczy dominującym kwasem tłuszczowym jest kwas oleinowy, podczas gdy u larw świerszczy dominuje kwas linolowy [Müller 2019]. Tłuszcz owadów jest często określany jako olej owadzi, ponieważ jego konsystencja w temperaturze pokojowej jest płynna. Jest on bogaty w kwasy linolowy i linolenowy, które nadają mu płynną konsystencję, dzięki czemu może być wykorzystywany jako środek smarny do żywności. Zawiera dużo nienasyconych kwasów tłuszczowych, które stanowią około 57–75%, dzięki czemu jest przydatny do produkcji makaronu, słodyczy i masła [Ushakova i in. 2016].

Witaminy i minerały są niezbędne do utrzymania prawidłowego funkcjonowania organizmu i ogólnego stanu zdrowia. Podczas gdy tradycyjne źródła pożywienia, takie jak warzywa, owoce, mięso i zboża, są powszechnie znane jako czołowe źródła tych składników odżywczych, jadalne owady są obecnie również uznawane za cenne źródła tych składników. Owady zawierają kluczowe witaminy, takie jak B12, A i D, a także minerały: potas, wapń, magnez, cynk, żelazo, fosfor, miedź i mangan. Te składniki odżywcze można ekstrahować z owadów i stosować jako suplementy diety [Nowakowski i in. 2022]. Powszechnymi witaminami występującymi w owadach są witamina B12, ryboflawina i tiamina, których poziom może być różny u różnych gatunków. Witamina B12, która występuje głównie w produktach pochodzenia zwierzęcego, jest niezbędna dla osób, które nie spożywają mięsa ani ryb [Peterson i in. 2020]. Minerały stanowią jedną z siedmiu niezbędnych grup składników odżywczych wymaganych przez organizm człowieka i są wykorzystywane do tworzenia tkanek i utrzymywania prawidłowych funkcji fizjologicznych.

Zastosowanie owadów jadanych w projektowaniu żywności

Według Międzynarodowej Platformy Owadów jako Żywności i Pasz (IPIFF) [IPIFF 2024] produkcja jadalnych artykułów na bazie owadów ma osiągnąć około 260 000 ton do roku 2030, podczas gdy liczba Europejczyków spożywających te

produkty ma wzrosnąć z 9 milionów konsumentów w 2019 r. do około 390 milionów do 2030 r. Większość owadów dostępnych w handlu występuje w formie całych okazów lub mączek owadzych [Navarro del Hierro i in. 2020]. Tradycyjne metody obróbki cieplnej owadów obejmują głównie prażenie, gotowanie, smażenie, gotowanie na parze i wędzenie. Pierwszym etapem przetwarzania owadów jest usunięcie jelit, skrzydeł, nóg i głów w zależności od gatunku owada, a następnie użycie bieżącej wody do czyszczenia i oddzielenie ciał obcych i elementów niejadalnych. Następnie owady są przetwarzane zgodnie z technologicznymi schematami produkcji oraz zapotrzebowaniem [Rumpold i in. 2014, Mutungi i in. 2019]. Wybór odpowiedniej metody przetwarzania w produkcji przemysłowej ma zasadnicze znaczenie dla zapewnienia wysokiej jakości produktów [Liang i in. 2024]. Jadalne owady były źródłem pożywienia w różnych tradycyjnych kulturach i regionach, przy czym pszczoły, osy, szarańcza, koniki polne, świerszcze, jedwabniki, gąsienice bambusa, chrząszcze, mrówki, termity i muchy są najczęściej spożywanymi grupami owadów [Li i in. 2023]. Smażone skorpiony i koniki polne są powszechnym jedzeniem ulicznym w Azji Południowo-Wschodniej, podczas gdy smażone koniki polne są popularne w Afryce, podobnie jak smażone skorpiony w Tajlandii i koniki polne w Meksyku [Jameson i Drumont 2013]. Tradycyjne przekąski z owadów są przygotowywane na wiele sposobów. Owady są zazwyczaj czyszczone, gotowane, przyprawiane, a następnie przetwarzane na przekąski poprzez smażenie, grillowanie, fumigację lub smażenie w głębokim tłuszczu. Te metody przygotowywania sprawiają, że owady są chrupiące i atrakcyjne dla konsumentów pod względem organoleptycznym [Liceaga 2021].

Jedną z intensywnie rozwijających się gałęzi, w której wykorzystywane są owady jadalne, jest piekarstwo [Amoah i in. 2023]. Wzbogacanie produktów piekarskich jadalnymi owadami wpływa na ich profil odżywczy, ale też na zróżnicowaną akceptowalność gotowych wyrobów. Produkty piekarskie obejmują chleb, ciasta, muffiny, ciasteczka oraz batony energetyczne [Florença i in. 2022]. Ze względu na czynniki, takie jak koszt, łatwość przygotowania i wygoda oraz okres przydatności do spożycia, produkty piekarskie są powszechnie spożywane na całym świecie. Podstawowymi składnikami większości wyrobów piekarskich zawierających gluten są mąka pszenna i woda, które są uważane za gęste energetycznie i stosunkowo ubogie w składniki odżywcze. Skład odżywczy, zawartość białka, tłuszczu, błonnika i popiołu w produktach piekarniczych można poprawić, dodając proszek z jadalnych owadów. Włączenie owadów do produktów piekarskich wpływa na ich skład odżywczy, zwłaszcza na poziom białka i tłuszczu. Chleb jest jednym z produktów piekarskich najczęściej wzbogacanych owadami [Kowalczewski i in. 2021]. Ciekawym kierunkiem wykorzystania owadów jadalnych jest również gałąź produktów ekstrudowanych [Ruszkowska i in. 2022].

Dziedzina przemysłu spożywczego, w którym maki owadzie wykorzystywane są do projektowania innowacyjnych artykułów spożywczych, jest przemysł cukierniczy i ciastkarski [Zielińska i in. 2017, Kowalski i in. 2023]. Dodatek mąk

owadziach w produkcji biszkoptów sprawił, że charakteryzowały się one istotnie wyższą zawartością wszystkich niezbędnych aminokwasów w porównaniu z mąką pszenną. Ponadto dodatek jadalnych owadów (15% i 30% w stosunku do pierwotnej masy mąki pszennej) do receptury ciastek zwiększył również ich potencjał antyoksydacyjny. Biszkopty uzupełnione mąką z jadalnych owadów charakteryzują się też wzrostem zawartości błonnika pokarmowego [Kowalski i in. 2023].

Innym powszechnie konsumowanym produktem węglowodanowym są makarony oraz kluski. Arp i Pasini [2024] wskazują, że zarówno makarony, jak i kluski mogą zawierać inne dodatkowe składniki, takie jak różne mąki, jaja, warzywa oraz owady. Można je również opracować, stosując różne metody przetwarzania, takie jak laminowanie i kształtowanie lub wytłaczanie. Autorzy wskazują, że makarony i kluski przygotowane ze dodatkiem owadów jadalnych mają wyższą zawartość białka, błonnika i lipidów, a niższą węglowodanów. Taki kierunek zmiany składu produktu finalnego może stanowić zachętę dla konsumentów stosujących diety alternatywne. Badania wykazały, że postrzeganie tych nowych produktów spożywczych pod względem oceny sensorycznej jest obiecujące. Wstępne badania sugerują, że dodatek owadów w formie pełnych proszków, odtłuszczonych frakcji lub ekstraktów może poprawiać wartość odżywczą produktów makaronowych, w szczególności pod względem zawartości białka, tłuszczów oraz mikroelementów. Niemniej jednak, ze względu na ograniczoną liczbę publikacji naukowych w tym obszarze, formułowanie jednoznacznych wniosków nie jest możliwe, szczególnie w aspekcie projektowania innowacyjnych produktów bezglutenowych.

Inną grupą produktów spożywczych, która może być wzbogacana mąkami owadziemi, są artykuły mleczne [Kim i in. 2017]. Badania Andrzejczyka i współpracowników [2024] wykazały, że dodatek proszku z mącznika młynarka do jogurtu prowadzi do znaczącego zwiększenia zawartości białka oraz tłuszczu w produkcie końcowym. Przykładowo poziom białka wzrósł z 4,91% w jogurcie bez dodatku proszku do 7,41% przy 5% dodatku proszku, natomiast zawartość tłuszczu zwiększyła się z 1,67% do 3,88%. Inną interesującą grupą produktów spożywczych wzbogacanych owadami jadalnymi mogą być zupy. Badania prowadzone przez Skotnicką i współpracowników [2023] wskazują, że zupy z dodatkiem różnych rodzajów owadów charakteryzowały się zróżnicowaną akceptowalnością konsumencką. W przypadku zupy pomidorowej oraz kremu z białych warzyw to smak i konsystencja były kluczowymi deskryptorami kształtującymi ogólną akceptowalność. Autorka nie wykazała też statystycznie istotnego związku między badanymi grupami wiekowymi, co pozwala na poszerzenie docelowej grupy konsumentów owadów o osoby starsze, dla których zupy mogą stanowić ważny element codziennej diety przy jednoczesnym nowoczesnym i innowacyjnym podejściu do wzbogacania tradycyjnych potraw.

Inną szeroką grupą produktów spożywczych z dodatkiem mąk owadziach są wyroby mięsne. Najbardziej poznane właściwości technologiczne i funkcjonalne jadalnych białek owadów to zdolność emulgowania i stabilność, tworzenie żelu,

zdolność zatrzymywania wody i oleju oraz rozpuszczalność. Właściwości te są fundamentalne dla reformulacji produktów mięsnych [Borges i in. 2022]. Literatura wskazuje na zastosowanie owadów jadalnych w produktach takich jak: kiełbaski, parówki, pasztety, burgery oraz analogi mięs [Caparros Megido i in. 2016, Scholliers i in. 2020, Mishyna i in 2021]. Białka owadzie wykazują korzystne właściwości technologiczne, takie jak zdolność do tworzenia i stabilizacji emulsji, piany oraz żeli, co jest istotne w produkcji przetworów mięsnych. Zastosowanie białek owadzych może wpływać na teksturę, smak i aromat produktów mięsnych. W niektórych przypadkach obserwuje się poprawę tych cech, jednak konieczne są dalsze badania na tej płaszczyźnie. Warto zauważyć, że wysoka zawartość tłuszczu w niektórych mączkach owadzych może wpływać na stabilność oksydacyjną produktów co może skutkować szeregiem niekorzystnych zmian w zakresie przechowywalności. Ponadto akceptacja konsumencka produktów z dodatkiem owadów wciąż stanowi wyzwanie, szczególnie w kulturach, gdzie entomofagia nie jest powszechna. Białka owadzie mają potencjał jako składniki wzbogacające produkty mięsne zarówno pod względem wartości odżywczej, jak i właściwości funkcjonalnych. Jednakże aby w pełni wykorzystać ten potencjał, konieczne są dalsze badania nad optymalizacją procesów technologicznych oraz zwiększeniem akceptacji konsumenckiej [Borges i in. 2022].

Podsumowanie

W dobie narastających wyzwań związanych z bezpieczeństwem żywnościowym, zmianami klimatycznymi oraz ograniczonymi zasobami naturalnymi poszukiwanie alternatywnych źródeł białka staje się koniecznością. Owady jadalne dzięki swoim unikalnym właściwościom odżywczym, środowiskowym i technologicznym stanowią realną i obiecującą alternatywę wobec tradycyjnych źródeł białka pochodzenia zwierzęcego i roślinnego. Wysoka zawartość białka, obecność cennych tłuszczów, witamin i minerałów, a także niski wpływ na środowisko sprawiają, że owady mogą odegrać istotną rolę w budowaniu zrównoważonych systemów żywnościowych. Zastosowanie owadów w przemyśle spożywczym pozwala na tworzenie nowoczesnych i funkcjonalnych produktów, które odpowiadają na potrzeby zarówno żywieniowe, jak i środowiskowe. Niemniej jednak pełne wykorzystanie potencjału owadów wymaga pokonania istotnych barier kulturowych, psychologicznych i prawnych. Niska akceptacja konsumencka wynikająca z neofobii żywieniowej, uprzedzeń oraz braku wiedzy nadal stanowi wyzwanie. Konieczne jest zatem prowadzenie intensywnych działań edukacyjnych i społecznych, które przyczynią się do zmiany postrzegania tej formy żywności. Równie istotne jest rozwijanie ram prawnych oraz zapewnienie bezpieczeństwa i jakości produktów z owadów. Podsumowując, należy podkreślić, że owady jadalne mają potencjał, by stać się istotnym elementem nowoczesnej zrównoważonej

diety i stanowić odpowiedź na kluczowe wyzwania współczesnych systemów żywnościowych, jednak ich integracja z globalnym rynkiem żywności wymaga dalszych badań, innowacji i współpracy między nauką, przemysłem i społeczeństwem.

Bibliografia

- Amoah I., Cobbinah J.C., Yeboah J.A., Essiam F.A., Lim J.J., Tandoh M.A., Rush E. (2023). Edible insect powder for enrichment of bakery products – A review of nutritional, physical characteristics and acceptability of bakery products to consumers. *Future Foods*, 8, 100251.
- Andrzejczyk B., Łobacz A., Ziajka J., Lis A., Małkowska-Kowalczyk M. (2024). Comprehensive analysis of yoghurt made with the addition of yellow mealworm powder (*Tenebrio molitor*). *Foods*, 13(15), 2416.
- Arp C.G., Pasini G. (2024). Exploring edible insects: From sustainable nutrition to pasta and noodle applications—A critical review. *Foods*, 13(22), 3587.
- Borges M.M., Costa D.V. da, Trombete F.M., Câmara A.K.F.I. (2022). Edible insects as a sustainable alternative to food products: An insight into quality aspects of reformulated bakery and meat products. *Current Opinion in Food Science*, 46, 100864.
- Cadinu L.A., Barra P., Torre F., Delogu F., Madau F.A. (2020). Insect rearing: Potential, challenges, and circularity. *Sustainability*, 12, 4567.
- Calatayud-Vernich P., Calatayud F., Simó E., Picó Y. (2018). Pesticide residues in honey bees, pollen and beeswax: Assessing beehive exposure. *Environmental Pollution*, 241, 106–114.
- Caparros Megido R., Gierts C., Blecker C., Brostaux Y., Haubruge É., Alabi T., Francis F. (2016). Consumer acceptance of insect-based alternative meat products in Western countries. *Food Quality and Preference*, 52, 237–243.
- Clark M.A., Domingo N.G.G., Colgan K., Thakrar S.K., Tilman D., Lynch J., Azevedo I.L., Hill J.D. (2020). Global food system emissions could preclude achieving the 1.5° and 2°C climate change targets. *Science*, 370(6517), 705–708.
- Colamatteo I., Bravo I., Cappelli L. (2025). Insect-based food products: A scoping literature review. *Food Research International*, 200, 115355.
- Dijk M. van, Morley T., Rau M.L., Saghai Y. (2021). A meta-analysis of projected global food demand and population at risk of hunger for the period 2010–2050. *Nature Food*, 2(7), 494–501.
- Długoński Ł., Skotnicka M., Zborowski M., Skotnicki M., Folwarski M., Bromage S. (2025). The relationship between the level of food neophobia and children's attitudes toward selected food products. *Nutrients*, 17(8), 1347.
- Douglas A.E. (2015). Multiorganismal insects: Diversity and function of resident microorganisms. *Annual Review of Entomology*, 60, 17–34.
- Eswaran U.G.M., Karunanithi S., Gupta R.K., Rout S., Srivastav P.P. (2023). Edible insects as emerging food products—processing and product development perspective. *Journal of Food Science and Technology*, 60(8), 2105–2120.
- European Commission (2025). Approval of another insect/insect-derived food as a Novel Food. *Food Safety – European Commission*.
- Ferrazzano G.F., D'Ambrosio F., Caruso S., Gatto R., Caruso S. (2023). Bioactive peptides derived from edible insects: Effects on human health and possible applications in dentistry. *Nutrients*, 15(21), 4611.
- Florença S.G., Guiné R.P.F., Gonçalves F.J.A., Barroca M.J., Ferreira M., Costa C.A., Correia P.M.R., Cardoso A.P., Campos S., Anjos O., Cunha L.M. (2022). The Motivations for Consumption of Edible Insects: A Systematic Review. *Foods*, 11(22), 3643.

- Garofalo C., Milanović V., Cardinali F., Aquilanti L., Clementi F., Osimani A. (2019). Current knowledge on the microbiota of edible insects intended for human consumption: A state-of-the-art review. *Food Research International*, 125, 108527.
- Gier S. de, Verhoeckx K. (2018). Insect (food) allergy and allergens. *Molecular Immunology*, 100, 82–106.
- Huis A. van (2016). Edible insects are the future? *Proceedings of the Nutrition Society*, 75(3), 294–305.
- 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. [dostępny pod adresem: <https://www.fao.org/4/i3253e/i3253e.pdf>].
- Imathiu S. (2020). Benefits and food safety concerns associated with consumption of edible insects. *NFS Journal*, 18, 1–11.
- [IPIFF] International Platform of Insects for Food and Feed (IPIFF). (2020). Edible Insects Market – Market Factsheet. IPIFF, 1–6.
- Jameson M.L., Drumont A. (2013). Aroid scarabs in the genus *Peltonotus* Burmeister (*Coleoptera*, *Scarabaeidae*, *Dynastinae*): Key to species and new distributional data. *ZooKeys*, 320, 63–95.
- Jongema Y. (2012). List of edible insect species of the world. Wageningen: Laboratory of Entomology, Wageningen University [dostęp: www.ent.wur.nl/UK/Edible+insects/Worldwide+species+list/].
- Kim H.-S., Kim Y.-J., Chon J.-W., Kim D.-H., Song K.-Y., Kim H., Seo K.-H. (2017). Organoleptic evaluation of the high-protein yoghurt containing the edible insect *Oxya chinensis sinuosa* (grasshopper): A preliminary study. *Journal of Milk Science and Biotechnology*, 35(4), 266–269.
- Kipkoech C. (2023). Beyond Proteins—Edible Insects as a Source of Dietary Fiber. *Polysaccharides*, 4(2), 116–128.
- Kouřimská L., Adámková A. (2016). Nutritional and sensory quality of edible insects. *NFS Journal*, 4, 22–26.
- Kowalczewski P.Ł., Gumienna M., Rybicka I., Górn B., Sarbak P., Dziedzic K., Kmiecik D. (2021). Nutritional value and biological activity of gluten-free bread enriched with cricket powder. *Molecules*, 26, 1184.
- Kowalski S., Gumul D., Oracz J., Rosicka-Kaczmarek J., Mikulec A., Mickowska B., Skotnicka M., Zborowski M. (2023). Chemical composition, antioxidant properties and sensory aspects of sponge cakes supplemented with edible insect flours. *Antioxidants*, 12, 1912.
- La Barbera F., Verneau F., Amato M., Grunert K. (2018). Understanding Westerners' disgust for the eating of insects: The role of food neophobia and implicit associations. *Food Quality and Preference*, 64, 120–125.
- Lange K.W., Nakamura Y. (2021). Edible insects as future food: Chances and challenges. *Journal of Future Foods*, 1, 38–46.
- Li M., Mao C., Li X., Jiang L., Zhang W., Li M., Liu H., Fang Y., Liu S., Yang G., Hou X. (2023). Edible insects: a new sustainable nutritional resource worth promoting. *Foods*, 12(22), 4073.
- Liang Z., Zhu Y., Leonard W., Fang Z. (2024). Recent advances in edible insect processing technologies. *Food Research International*, 182, 114137.
- Liceaga A.M. (2021). Processing insects for use in the food and feed industry. *Current Opinion in Insect Science*, 48, 32–36.
- Lopez-Santamarina A., Mondragon A.D.C., Lamas A., et al. (2020). Animal-origin prebiotics based on chitin: An alternative for the future? A critical review. *Foods*, 9, 782.
- Lurie-Luke E. (2024). Alternative protein sources: science powered startups to fuel food innovation. *Nature Communications*, 15, 4425.
- Madau F.A., Arru B., Furesi R., Pulina P. (2020). Insect farming for feed and food production from a circular business model perspective. *Sustainability*, 12, 5418.

- Malematja E., Manyelo T.G., Sebola N.A., Kolobe S.D., Mabelebele M. (2023). The accumulation of heavy metals in feeder insects and their impact on animal production. *Science of the Total Environment*, 885, 163716.
- Mancini S., Sogari G., Espinosa Diaz S., Menozzi D., Paci G., Moruzzo R. (2022). Exploring the Future of Edible Insects in Europe. *Foods*, 11(3), 455.
- Mikulec A., Platta A., Radzyńska M., Suwała G., Zborowski M., Ruszkowska M., Nowicki M., Kowalczewski P.Ł. (2024). Edible insects as a potential product for achieving global food security. Part 2. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 31(3[140]), 149–170.
- Mishyna M., Keppler J.K., Chen J. (2021). Techno-functional properties of edible insect proteins and effects of processing. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 56, 101508.
- Müller A. (2019). Insects as food in Laos and Thailand: A case of “Westernisation”? *Asian Journal of Social Science*, 47(2), 204–223.
- Mutungi C., Irungu F.G., Nduko J., Mutua F., Affognon H., Nakimbugwe D., Fiaboe K.K.M. (2019). Postharvest processes of edible insects in Africa: A review of processing methods, and the implications for nutrition, safety and new products development. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(2), 276–298.
- Navarro del Hierro J., Gutiérrez-Docio A., Otero P., Reglero G., Martin D. (2020). Characterization, antioxidant activity, and inhibitory effect on pancreatic lipase of extracts from the edible insects *Acheta domesticus* and *Tenebrio molitor*. *Food Chemistry*, 309, 125742.
- Nowak V., Persijn D., Rittenschober D., Charrondiere U.R. (2016). Przegląd danych dotyczących składu żywności dla owadów jadalnych. *Food Chemistry*, 193, 39–46.
- Nowakowski A.C., Miller A.C., Miller M.E., Xiao H., Wu X. (2022). Potential health benefits of edible insects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(13), 3499–3508.
- Ojha S., Tiwari B.K., O'Donnell C.P., Schlüter O.K. (2021). Bioavailability of nutrients from edible insects. *Current Opinion in Food Science*, 41, 1–8.
- Omuse E.R., Tonnang H.E.Z., Yusuf A.A., Machezano H., Egonyu J.P., Kimathi E., Mohamed S.F., Kassie M., Subramanian S., Onditi J., Mwangi S., Ekesi S., Niassy S. (2024). The global atlas of edible insects: analysis of diversity and commonality contributing to food systems and sustainability. *Scientific Reports*, 14, 5045.
- Onwezen M.C., Bouwman E.P., Reinders M.J., Dagevos H. (2021). A systematic review on consumer acceptance of alternative proteins: Pulses, algae, insects, plant-based meat alternatives, and cultured meat. *Appetite*, 159, 105058.
- Oonincx D.G.A.B., Itterbeeck J. van, Heetkamp M.J.W., Brand H. van den, Loon J.J.A. van, Huis A. van (2010). An exploration on greenhouse gas and ammonia production by insect species suitable for animal or human consumption. *PLoS One*, 5, e14445.
- Orkusz A. (2021). Edible Insects versus Meat—Nutritional Comparison: Knowledge of Their Composition Is the Key to Good Health. *Nutrients*, 13(4), 1207.
- Peterson C.T., Rodionov D.A., Osterman A.L., Peterson S.N. (2020). B vitamins and their role in immune regulation and cancer. *Nutrients*, 12(11), 3380.
- Platta A., Mikulec A., Radzyńska M., Suwała G., Zborowski M., Ruszkowska M., Nowicki M., Kowalczewski P.Ł. (2024). Edible insects as a potential product for achieving global food security. Part 1. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 31(3[140]), 129–148.
- Ribeiro J.C., Cunha L.M., Sousa-Pinto B., Fonseca J. (2017). Allergic risks of consuming edible insects: A systematic review. *Molecular Nutrition & Food Research*, 61(1), 1700030.
- Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2015/2283 z dnia 25 listopada 2015 r. w sprawie nowej żywności, zmieniające rozporządzenie (UE) nr 1169/2011 oraz uchylające rozporządzenia (WE) nr 258/97 i (WE) nr 1852/2001, *Dziennik Urzędowy UE L 327* z 11.12.2015, 1–22.

- Ruby M.B., Rozin P., Chan C. (2015). Determinants of willingness to eat insects in the USA and India. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1, 215–225.
- Ruiz A., Zhang Y., Kumar S., Singh A., Chen L., Wang J. (2025). Edible insects as functional foods: bioactive compounds, health benefits, safety concerns, allergenicity, and regulatory considerations. *Frontiers in Nutrition*, 12, 1571084.
- Rumpold B.A., Schlüter O.K. (2013). Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition & Food Research*, 57, 802–823.
- Rumpold B.A., Fröhling A., Reineke K., Knorr D., Boguslawski S., Ehlbeck J., Schlüter O. (2014). Comparison of volumetric and surface decontamination techniques for innovative processing of mealworm larvae (*Tenebrio molitor*). *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 26, 232–241.
- Ruszkowska M., Tańska M., Kowalczewski P.Ł. (2022). Extruded corn snacks with cricket powder: Impact on physical parameters and consumer acceptance. *Sustainability*, 14(24), 16578.
- Schlüter O., Rumpold B., Holzhauser T., Roth A., Vogel R.F., Quasigroch W., Vogel S., Heinz V., Jäger H., Bandick N., Kulling S.E. (2017). Safety aspects of the production of foods and food ingredients from insects. *Molecular Nutrition & Food Research*, 61(6), 1600520.
- Scholliers J., Steen L., Fraeye I. (2020). Partial replacement of meat by superworm (*Zophobas morio* larvae) in cooked sausages: Effect of heating temperature and insect:meat ratio on structure and physical stability. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 66, 102535.
- Serpico M., Rovai D., Wilke K., Lesniasukas R., Garza J., Lammert A. (2021). Studying the Emotional Response to Insects Food Products. *Foods*, 10(10), 2404.
- Shi R., Irfan M., Liu G., Yang X., Su X. (2022). Analysis of the impact of livestock structure on carbon emissions of animal husbandry: A sustainable way to improving public health and green environment. *Frontiers in Public Health*, 10, 835210.
- Skotnicka M., Mazurek A., Kowalski S. (2023). The acceptance of cream soups with the addition of edible insects (*Mealworm, T. molitor*; *House Cricket, A. domesticus*; *Buffalo Worm, A. diaperinus*; *Grasshopper, R. differens*) among young people and seniors in Poland. *Nutrients*, 15(24), 5047.
- Stull V.J. (2021). Wpływ spożycia owadów na zdrowie człowieka. *Journal of Insects as Food and Feed*, 7, 695–713.
- Szlachciuk J., Żakowska-Biemans S. (2024). Breaking the taboo: understanding the relationship between perception, beliefs, willingness to eat insects, and food neophobia among Polish adults. *Foods*, 13(6), 944.
- Szulc K. (2023). Edible insects: A study of the availability of insect-based food in Poland. *Sustainability*, 15, 14964.
- Tang C., Yang D., Liao H., Sun H., Liu C., Wei L., Li F. (2019). Edible insects as a food source: a review. *Food Production, Processing and Nutrition*, 1, 8.
- Ushakova N.A., Brodskii E.S., Kovalenko A.A., Bastrakov A.I., Kozlova A.A., Pavlov D.S. (2016). Characteristics of lipid fractions of larvae of the black soldier fly *Hermetia illucens*. *Doklady Biochemistry and Biophysics*, 468, 209–212.
- Woolf E., Zhu Y., Emory K., Zhao J., Liu C. (2019). Wngness to consume insect-containing foods: A survey in the United States. *LWT*, 102, 100–105.
- [WHO 2021] World Health Organization (2021). Food safety: report by the Director-General. Geneva.
- [ONZ 2017] World Population Prospects: The 2017 Revision, United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. [online, dostęp: 1 czerwca 2025, dostępne w Internecie: Worm up to the idea of edible insects, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)].

- Zhou Y., Wang D., Zhou S., Duan H., Guo J., Yan W. (2022). Nutritional composition, health benefits, and application value of edible insects: a review. *Foods*, 11, 3961.
- Zielińska E., Baraniak B., Karaś M., Rybczyńska K., Jakubczyk A. (2015). Selected species of edible insects as a source of nutrient composition. *Food Research International*, 77, 460–466.
- Zielińska E., Karaś M., Jakubczyk A. (2017). Antioxidant activity of predigested protein obtained from a range of farmed edible insects. *International Journal of Food Science & Technology*, 52, 306–312.

The use of edible insects in food production

Abstract: In the face of a growing global population and increasing pressure on natural resources, edible insects are gaining importance as an alternative, sustainable source of protein. The article discusses the multifaceted conditions for the use of insects in food production – from their environmental and nutritional potential to legal, microbiological and social challenges. Insects are characterised by high nutritional value, efficient feed utilisation, low greenhouse gas emissions and limited water consumption. They contain complete protein, beneficial fatty acids, vitamins and minerals. Incorporating insects into the diet can contribute to improving food security and public health. At the same time, issues of social acceptance and psychological barriers, including food neophobia, are important. Current legal regulations in the European Union and examples of the practical application of insects in various sectors of the food industry, such as baking, confectionery, pasta production, meat products and dairy products, are also discussed. The article emphasises the need for further research into insect processing technology, their health safety and strategies to increase consumer acceptance.