



# Innowacje w produkcji zwierzęcej w kontekście nowych wyzwań w polskim rolnictwie oraz Europejskiego Zielonego Ładu



Unia Europejska



**DOLNY  
ŚLĄSK**



Krajowa Sieć  
Obszarów Wiejskich



Program  
Rozwoju  
Obszarów  
Wiejskich  
na lata 2014-2020

„Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie”.

Instytucja Zarządzająca Programem Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2014-2020 – Minister Rolnictwa i Rozwoju Wsi.  
Operacja współfinansowana ze środków Unii Europejskiej w ramach Schematu II Pomocy Technicznej  
„Krajowa Sieć Obszarów Wiejskich” Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2014-2020.

## Spis treści

Innowacje w produkcji zwierzęcej w kontekście nowych wyzwań w polskim rolnictwie oraz Europejskiego Zielonego Ładu	3
Owady paszowe, jako alternatywne źródła białka	11
Produkty uboczne przemysłu rolno-spożywczego, jako element racjonalnego gospodarowania surowcami	17
Modyfikacja dawki pokarmowej krów, jako element redukcji strat energii paszowej oraz produkcji metanu	25

## Innowacje w produkcji zwierzęcej w kontekście nowych wyzwań w polskim rolnictwie oraz Europejskiego Zielonego Ładu

W Europejskim Zielonym Ładzie (EZŁ) określono, jak do 2050 roku uczynić Europę pierwszym kontynentem neutralnym dla klimatu. Plan zawiera strategię na rzecz rozwoju gospodarki, poprawy zdrowia i jakości życia ludzi oraz zadbania o przyrodę.

Istotnym elementem jest wypracowanie modelu neutralności klimatycznej we wszystkich dziedzinach życia. Dotyczy to także produkcji rolnej, a w szczególności hodowli zwierząt gospodarskich.

Parlament zatwierdził europejskie prawo o klimacie 24 czerwca 2021 r. Dzięki temu cel redukcji emisji o 55% do 2030 roku oraz cel neutralności klimatycznej do 2050 roku stały się prawnie wiążące. Unia Europejska, a w tym także Polska dąży do ujemnej emisji po 2050 roku.

Kluczowym elementem Zielonego Ładu jest realizowana już w kraju strategia „Od pola do stołu”. Została ona przedstawiona przez Komisję w maju 2020 roku, a Parlament Europejski przyjął ją w rezolucji z października 2021 r., dodając zalecenia dla zrównoważenia strategii. Parlament określił, że pakiet powinien zawierać ambitne cele w zakresie emisji gazów cieplarnianych z rolnictwa i związanego z tym użytkowania gruntów.

Należy pamiętać, że sektor spożywczy jest jednym z głównych czynników napędzających zmianę klimatu. Mimo, że rolnictwo UE jest jedynym dużym sektorem rolnym na świecie, który ograniczył emisję gazów cieplarnianych (o 20% od 1990 r.), nadal odpowiada za około 10% emisji (a za 70% z nich są odpowiedzialne zwierzęta gospodarskie). Strategia uwzględnia także zrównoważony system żywnościowy i uznaje nierozwalne związki między zdrowym społeczeństwem a zdrową planetą.

Strategia „Od pola do stołu” ma na celu przyspieszenie przejścia na zrównoważony system żywnościowy, który powinien:

- mieć neutralny lub pozytywny wpływ na środowisko,
- pomóc w łagodzeniu zmiany klimatu i przystosowywaniu się do jej skutków,
- odwrócić utratę różnorodności biologicznej,
- zapewnić bezpieczeństwo żywnościowe, zapewniając wszystkim dostęp do wystarczającej, bezpiecznej, pożywnej i zrównoważonej żywności,
- zachować przystępność cenową żywności, przy jednoczesnym generowaniu bardziej sprawiedliwych zysków gospodarczych, wspieraniu konkurencyjności unijnego sektora dostaw i promowaniu sprawiedliwego handlu,
- ograniczyć straty żywności i jej marnotrawienie,
- przeciwdziałać fałszowaniu żywności w łańcuchu dostaw,
- poprawić dobrostan zwierząt.

Założenia Zielonego Ładu wytyczają cele dla rolnictwa, wynikające z oczekiwań społecznych. Dotyczą one zmniejszenia zależności od pestycydów i środków przeciwdrobnoustrojowych, ograniczenia nadmiernego nawożenia, wzmocnienia rolnictwa ekologicznego, poprawy dobrostanu zwierząt oraz utrzymanie bioróżnorodności. W osiągnięciu ambitnych celów istotną rolę odgrywają wszystkie podmioty w łańcuchu żywnościowym. Są to rolnicy, rybacy i producenci akwakultury, którzy muszą szybciej zmieniać swoje metody produkcji, korzystając z rozwiązań opartych o środowisko naturalne, nowe innowacyjne rozwiązania technologiczne oraz cyfrowe, w tym wykorzystujące nawigację satelitarną.

W ramach Zielonego Ładu rolnicy powinni korzystać z możliwości zmniejszenia emisji metanu z chowu zwierząt gospodarskich poprzez rozwój produkcji energii ze źródeł odnawialnych i inwestowanie w komory fermentacyjne do produkcji biogazu z odpadów rolnych oraz pozostałości, takich jak obornik.

Dziś gospodarstwa rolne mogą wytwarzać biogaz z odpadów rolnych oraz pozostałości takich jak obornik, a także z innych źródeł odpadów i pozostałości, np. z sektora spożywczego i produkcji napojów, kanalizacji, ścieków, odpadów komunalnych.

Zabudowania gospodarskie są także dobrym miejscem do montażu paneli słonecznych.

Kolejnym przykładem działań prośrodowiskowych jest wprowadzenie wypasu bydła w typie „mob grazing”. Wypas ten polega na utrzymywaniu wysokiego zagęszczenia zwierząt przez krótki okres, na obszarze wydzielonych kwater pastwiska tak, aby większość roślin, dostępnych na kwaterze, została zjedzona oraz wdeptana w glebę. Potem następuje długi, zwykle 2-3 miesięczny okres odpoczynku, po którym ruń pastwiskowa zaczyna intensywnie odrastać. Jest to intensywna forma wypasu dawkowego, a mechanizm działania jest taki sam, jak w przypadku wpływu koszarowania owiec na glebę i ruń.

Praktyka ta została zaproponowana, jako mechanizm składowania węgla w glebie. Zwiększa również dostępność składników pokarmowych i masy organicznej z rozkładającej się masy roślin, wdeptanych w wierzchnią warstwę gleby oraz odchodów zwierząt.

Inną formą jest utrzymanie pastwiskowe bydła w systemie rotacyjnym, z dostępem do wielu kwater/pastwisk. Ma to wzbogacać **wielogatunkowość** i funkcjonalność ekosystemów łąk (Brown, 2018, Girard i in., 2017) oraz zmniejszać **częstość występowania płatów gołej ziemi, narażonej na erozję** (Teague i in., 2011). Dodatkowo, taki system wzbogaca próchniczną warstwę gleby w masę organiczną i zwiększa różnorodność mikroorganizmów glebowych.

Jak podaje zespół Cusacka i wsp. (2021), w gospodarstwach stosujących strategię zarządzania sekwestracją dwutlenku węgla (CO<sub>2</sub>) na pastwiskach, osiągnięto redukcję emisji netto gazów cieplarnianych o 46% na jednostkę wyprodukowanej wołowiny, a 8% redukcję gazów cieplarnianych netto osiągnięto na fermach stosujących strategię poprawy wydajności wzrostu bydła i poprawę wykorzystania pasz.

Poprawa zarządzania pastwiskami użytkowymi przez bydło wpływa na wytwarzanie trwałej pokrywy glebowej w postaci zadarnienia przez roślinność, ogranicza erozję gleby i zwiększa biofizyczną zdolność gleby do akumulacji węgla netto. Racjonalny wypas bydła, dostosowany do lokalnych warunków, zwiększa zawartość węgla organicznego w glebie i poprawia jej funkcje ekologiczne. Takie działania umożliwiają wyeliminowanie corocznej uprawy roli, ograniczają zastosowanie nawozów sztucznych oraz środków ochrony roślin. Dzięki takiemu zarządzaniu stabilizują się funkcje gleby, poprawiają się stosunki wodne oraz obieg i dostępność składników odżywczych, wzrasta bioróżnorodność mikroorganizmów glebowych i bezkręgowców. Wpływa to na zwiększoną stabilność i odporność ekosystemów trawiastych (Teague i Kreuter, 2020).

Kolejnym działaniem w ramach Zielonego Ładu jest wprowadzanie na rynek zrównoważonych i innowacyjnych dodatków paszowych. Komisja podjęła się analizy przepisów UE, zmniejszających zależność od kluczowych materiałów paszowych (np. soi uprawianej na gruntach wylesionych), poprzez promowanie produkowanych w UE białek roślinnych i alternatywnych materiałów paszowych, takich jak owady, morskie zapasy paszy (np. algi) oraz produkty uboczne z biogospodarki (np. odpady rybne).

Na podstawie analizy przeprowadzonej przez zespół Cusack i in. (2021) wywnioskowano, że poprawa jakości (strawności i koncentracji składników pokarmowych) pasz zmniejszyła emisję gazów cieplarnianych GHG na jednostkę wytworzonej wołowiny o 7 ( $\pm$  2%). Brazylijskie badania wykazały, że poprawa jakości paszy, osiągnięta poprzez wysiewanie na pastwiskach traw pastewnych bogatszych w składniki odżywcze, zmniejszyła produkcję metanu w jelitach o 20% (Ruviaro i in., 2015).

Inną żywieniową metodą redukcji emisji metanu ( $\text{CH}_4$ ) jest stosowanie dodatków, jak wodorosty morskie (czerwona makroalga *Asparagopsis taxiformis*), oleje roślinne i nasiona roślin oleistych oraz pasze bogate w garbniki (Hristov i in., 2022). Działania te mają także na celu zmniejszenie strat składników pokarmowych o co najmniej 50%, przy jednoczesnym zachowaniu żyzności gleby. Ograniczy to stosowanie nawozów o co najmniej 20% do 2030 roku.

Polskie rolnictwo zużywa relatywnie dużo zasobów (np. nawozów sztucznych, środków ochrony roślin), w stosunku do uzyskiwanych wyników produkcyjnych. Na przykład zużycie azotu w przeliczeniu na 1 ha w 2020 roku wyniosło u 81 kg/ha, w UE jest to średnio 99 kg/ha. Wyzwanie to zatem będzie w znacznym stopniu kształtowało wydajność oraz ceny skupu i wpływało na konkurencyjność.

Należy również zwrócić uwagę na warunki przyrodnicze do produkcji rolnej, które są u nas słabsze, niż w krajach zachodniej Europy. W Polsce dodatkowo, 40-72% gleb jest ubogich w próchnicę, co wpływa na przeciętną jakość gleb w kraju. Nie bez znaczenia są także błędy w technice rolnej. Szacunki Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa (IUNG-PIB), zawarte w polskim Planie Strategicznym WPR zakładają, że zużycie azotu i fosforu w nawozach mineralnych (sztucznych) w Polsce spadnie o mniej niż 20%. Jednocześnie prognozuje się wzrost wykorzystania azotu i fosforu w nawozach naturalnych (odpowiednio o 14,3% i 16,1%).

Zgodnie z nowymi przepisami, zapobiegawcze stosowanie środków przeciwdrobnoustrojowych zostanie ograniczone do pojedynczych zwierząt.

Będzie dozwolone tylko w przypadkach uzasadnionych przez lekarza weterynarii i w razie występowania ryzyka zakażenia.

Leczenie zbiorowe – leczenie wszystkich zwierząt w grupie, gdy tylko jedno z nich jest chore – będzie dozwolone tylko wtedy, gdy nie istnieją rozwiązania alternatywne i po odpowiednim uzasadnieniu przez lekarza weterynarii. Niektóre środki przeciwdrobnoustrojowe zostaną zastrzeżone do leczenia ludzi.

Co najważniejsze, nowe przepisy zakazują wykorzystywania leków weterynaryjnych do rekompensowania złych warunków hodowli lub do przyspieszenia wzrostu zwierząt. Takie działania wynikają z faktu, że oporność na środki przeciwdrobnoustrojowe, związana z nadmiernym i niewłaściwym stosowaniem w leczeniu zwierząt oraz ludzi, prowadzi co roku do ok. 33 tys. zgonów w UE/EOG, a to wiąże się ze znacznymi kosztami późniejszej opieki zdrowotnej (Cassini i wsp. 2019).

Kolejnym zagadnieniem jest zwiększenie dobrostanu zwierząt poprzez poprawę ich zdrowia i jakości żywienia. Zmniejsza to zapotrzebowanie na leki i może pomóc w zachowaniu różnorodności biologicznej.

Istotne jest także prowadzenie wczesnej obserwacji zwierząt i odpowiedniej profilaktyki. Komisja Europejska zadeklarowała, że dokona przeglądu przepisów dotyczących dobrostanu zwierząt, w tym przepisów dotyczących transportu i uboju. Cel to dostosowanie prawa do najnowszej wiedzy naukowej, rozszerzenie jego zakresu, a także ułatwienie egzekwowania i zapewnienie wyższego poziomu dobrostanu zwierząt. Komisja rozważy również możliwości etykietowania, informującego o dobrostanie zwierząt.

Polska jest liderem w tych działaniach, gdyż wprowadziła dopłaty z tytułu dobrostanu plus, który znacznie poprawił warunki utrzymania zwierząt gospodarskich. Od kilku lat nasz kraj jest także zaangażowany w prace nad paszportyzacją żywności.

Od 15 marca 2023 roku obowiązuje w naszym kraju Plan Strategiczny dla Wspólnej Polityki Rolnej na lata 2023-2027, który szczegółowo określa wsparcie finansowe dla rolników utrzymujących bydło w określonych warunkach dobrostanu, według tak zwanego „Dobrostanu Plus”.

Prace dotyczą szerszego wprowadzenia systemów nadawania certyfikatów jakościowych żywności, certyfikatów dobrostanowych, a także wspierania innowacyjnych rozwiązań technicznych w produkcji (w tym pełnego monitoringu).

Monitoring na różnym poziomie i etapach produkcji dostarcza danych, które (przetwarzane z wykorzystaniem sztucznej inteligencji) umożliwiają hodowcom zrównoważoną i odpowiedzialną produkcję. Jednym z takich rozwiązań, wprowadzanych od lat do hodowli, jest stały monitoring behawioru zwierząt w oparciu o czujniki zamocowane na uchu, w żwaczu lub podskórnym (w postaci chipów). Zbierane są informacje o aktywności dobowej zwierzęcia, zdrowiu, temperaturze, stresie termicznym czy pierwszych objawach chorobowych.

Takie śledzenie zwierząt zapewnia lepsze warunki środowiskowe utrzymanym zwierzętom i **przeciwdziała odstępstwom od założeń dobrostanowych** danej grupy produkcyjnej. Rozwiązaniem, dopuszczonym do obrotu od 2023 roku w Polsce, jest pojawienie się chipów wszczepianych podskórnym, z funkcją pomiaru temperatury oraz transponderów umożliwiających ich stały i automatyczny odczyt. System rejestruje temperaturę 2 razy na dobę lub indywidualnie zaprogramowaną – co stanowi przełom w zakresie pomiaru temperatury ciała zwierząt gospodarskich i wykrywania chorób. System sprzyja także ograniczeniu stosowania antybiotyków w hodowli.

Wprowadzenie ekoschematów w kampanii wnioskowej 2023 (Plan Strategiczny dla Wspólnej Polityki Rolnej na lata 2023-2027), dodatkowo wzmocnił tę strategię. Plan realizuje założenia przepisów prawa unijnego, określone w rozporządzeniu Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2021/2115 z dnia 2 grudnia 2021 r., ustanawiającym przepisy dotyczące wsparcia planów strategicznych sporządzanych przez państwa członkowskie w ramach Wspólnej Polityki Rolnej (planów strategicznych WPR) i finansowanych z Europejskiego Funduszu Rolniczego Gwarancji (EFRG) oraz z Europejskiego Funduszu Rolnego na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich (EFRROW).

Ekoschemat „Dobrostan zwierząt” stanowi kontynuację wsparcia dla gatunków/grup zwierząt objętych działaniem „Dobrostan zwierząt”, w ramach PROW 2014-2020 w odniesieniu do świń, krów i owiec. Zakres wsparcia został rozszerzony o konie, kozy, bydło opasowe, a także drób (kury nioski, kurczęta brojlery, indyki z przeznaczeniem na produkcję mięsa).

Warto zwrócić uwagę na to, że warunki poprawy dobrostanu zwierząt w ramach tego ekoschematu wiążą się z dodatkowymi środkami finansowymi dla rolników. Co ważne, wsparcie nie dotyczy intensywnej hodowli i chowu zwierząt, ale jest skierowane do gospodarstw realizujących produkcję w mniejszej skali, z mniejszą intensywnością, co sprzyja dobrostanowi zwierząt.





W Europejskim Zielonym Ładzie podjęto także działania wspierające rolnictwo ekologiczne. Plan działania na rzecz rolnictwa ekologicznego, który Komisja przedstawiła w marcu 2021 roku, w ramach strategii „Od pola do stołu”, obejmuje szereg działań służących zwiększeniu skali rolnictwa ekologicznego w UE.

W lipcu 2021 roku Rada przyjęła wnioski i uzgodniła najważniejsze punkty:

- rolnictwo ekologiczne jest ważne dla zrównoważoności całego europejskiego rolnictwa,
- rozwój produkcji ekologicznej zapewni bezpieczne dochody i nowe miejsca pracy,
- wyważenie popytu i podaży w sektorze produktów ekologicznych zapewni sektorowi rentowność,
- przy definiowaniu celów oraz interwencji należy uwzględnić specyfikę i różnorodność sytuacji w państwach członkowskich,
- kluczowe dla powodzenia strategii jest zaangażowanie interesariuszy publicznych i prywatnych.

Jednak najważniejszy jest fakt, że w 2030 roku co najmniej 25% gruntów rolnych w UE ma być przeznaczonych na rolnictwo ekologiczne. W realizacji tego celu ma pomóc wsparcie w ramach WPR. Krajowy cel, wpisujący się w Europejski Zielony Ład, jaki zapisano w polskim planie strategicznym, wynosi 7% (w 2020 r. gospodarstwa ekologiczne zajmowały 3,3% użytków rolniczych ogółem). Wielkość sprzedaży produktów przez gospodarstwa ekologiczne w Polsce wzrosła w latach 2018-2020 o 29%, mimo relatywnie małego wzrostu liczebności gospodarstw.

W założeniach Europejskiego Zielonego Ładu, obok rozwoju ekologicznych form produkcji, istotne jest utrzymanie bioróżnorodności na obszarach rolniczych.

Drugi z celów EZŁ zakłada objęcie 10% użytków rolnych elementami krajobrazu o wysokiej różnorodności. Zgodnie z tym założeniem, część terenów rolniczych powinna stanowić przestrzeń dla dzikich zwierząt, roślin, owadów zapylających i naturalnych regulatorów agrofagów. Na wspomniane 10% użytków składać się mogą m.in. strefy buforowe, ugory, żywopłoty, drzewa nieprodukcyjne i stawy. Obecność tego typu obszarów na użytkach rolnych ogranicza przestrzeń produkcyjną, ale przyczynia się do pochłaniania dwutlenku węgla, ograniczenia erozji gleby i poprawy stosunków wodnych (lepszey retencji).

To także znakomite miejsce zacieniania obszarów wypasów bydła (naturalne miejsce o niższej temperaturze w okresie upałów, gdzie chętnie przebywają zwierzęta). Należy pamiętać, że bydło, owce i koniowate, jako duże zwierzęta gospodarskie, korzystające z ekosystemów trawiastych, są uznawane za „inżynierów architektury krajobrazu” użytków zielonych.

Rezygnacja z użytkowania pastwisk może być szkodliwa dla wielu gatunków ptaków gniazdujących na otwartej przestrzeni, ale także dla tych żywiących się ssakami owadożernymi. Wynika to z faktu, że zwierzęta gospodarskie regulują kształt ekosystemów, zmieniając wysokość runi i tworząc mikrosiedliska dla bezkręgowców, a także dla ssaków owadożernych.

Do głosu dochodzi także forma wypasu – agroforest. Leśny wypas polega na tym, że zwierzęta przebywają na ograniczonych obszarach lasu, najczęściej wygradzonych, w okresie wegetacji roślin. Celem takiego utrzymania jest nie tylko ochrona bydła przed nadmiernym przegrzaniem latem, ale także ochrona przed niekorzystnymi czynnikami, jak opady czy wiatr. Ponieważ ilość paszy w lesie jest stosunkowo mała, taki obszar nie jest konkurencyjny dla pastwisk. Jednak ze względu na wolniejszą wegetację może stanowić uzupełnienie paszy objętościowej.

Oddziaływanie bydła na środowisko (w tym wpływ na wodochłonność podłoża i zawartość próchnicy) będzie podobna, jak na naturalnych pastwiskach, posadowionych na glebach bielicowych oraz torfach wysokich ([www. forest-monitor.com](http://www.forest-monitor.com)). Przyjęty cel na poziomie 10% wydaje się zbyt ambitny, biorąc pod uwagę fakt, że minimalne normy dobrej kultury rolnej, zawarte w nowej WPR, wskazują jako minimalny próg 4% (w przypadku Polski dotyczy on tylko gospodarstw o powierzchni co najmniej 10 ha).

Dziś elementy krajobrazu obejmują 2,3% użytków rolnych (według danych UE) lub 3% (według Agencji Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa). Dane te dotyczą jednak tylko 14 mln ha użytków rolnych utrzymywanych w dobrej kulturze rolnej (użytki zgłaszane do płatności bezpośrednich).

## Literatura

Brown G. (2018). *Dirt to soil*. White Water Junction. VT: Chelsea Green, 240.

Aleksandra Cassini, Liselotte Diaz Högberg, Diamantis Plachouras, Annalisa Quattrocchi, Ana Hodža, Gunnara Skova Simonsena, Mélanie Colomb-Cotinat, Mirjam E Kretzschmar, Brechta Devleesschauwera, Michele Cecchini, Driss Ait Ouakrim, Tiago Cravo Oliveira, Marc J. Struelens, Carla Suetensa, Dominika L. Monneta., (2019 r.), Attributable deaths and disability-adjusted life-years caused by infections with antibiotic-resistant bacteria in the EU and the European Economic Area in 2015: a population-level modelling analysis. *Lancet Infect Dis.* T.19, nr 1, s. 55–56.

Cusack D. F., Kazanski C. E., Hedgpeth A., Chow K., Cordeiro A. L., Karpman J., Ryals R. (2021). Reducing climate impacts of beef production: A synthesis of life cycle assessments across management systems and global regions. *Glob Change Biol.* 2021 27:1721–1736.

Hristov A. N., Melgar A., Wasson D., Arndt C. (2022). Symposium review: Effective nutritional strategies to mitigate enteric methane in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, Volume 105, Issue 10, October 2022, Pages 8543-8557.

Ruviaro C. F., de Leis C. M., Lampert V. D., Barcellos J. O. J., Dewes H. (2015). Carbon footprint in different beef production systems on a southern Brazilian farm: A case study. *Journal of Cleaner Production*, 96, 435– 443.

Teague R., Kreuter U. (2020). Managing grazing to restore soil health, ecosystem function, and ecosystem services. *Front. Sustain. Food Sci.* 2020, 157.

COM (2020) 381 final, Komunikat komisji do parlamentu europejskiego, rady, europejskiego komitetu ekonomiczno-społecznego i komitetu regionów, Strategia „od pola do stołu”. Bruksela, dnia 20.5.2020

COM/2018/673 final Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów – Zrównoważona biogospodarka dla Europy: wzmocnienie powiązań między gospodarką, społeczeństwem i środowiskiem,

<https://www.europarl.europa.eu/news/pl/headlines/society/20190926STO62270/czym-jest-neutralnosc-emisyjna-i-jak-mozemy-ja-osiagnac-do-2050-r>

<https://www.europarl.europa.eu/news/pl/headlines/society/20180301STO98928/infografika-emisje-gazow-cieplarnianych-w-unii-europejskiej>

<https://www.europarl.europa.eu/news/pl/headlines/society/20200519STO79425/stworzenie-zrownowazonego-systemu-zywnosciowego-strategia-ue>

<https://www.europarl.europa.eu/news/pl/headlines/society/20180615STO05929/pomysly-poslow-do-pe-na-zwalczanie-odpornosci-na-srodki-przeciwdrobnoustrojowe>

<https://www.gov.pl/web/rolnictwo/plan-strategiczny-dla-wspolnej-polityki-rolnej-na-lata-2023-27>

<https://www.gov.pl/web/rolnictwo/dokumenty-ps-wpr>

<https://klubjagiellonski.pl/2023/03/27/polskie-rolnictwo-nie-jest-jeszcze-gotowe-na-europejski-zielony-lad/>

## Owady paszowe, jako alternatywne źródła białka

Rosnący popyt na pasze przemysłowe, wynikający ze zwiększającej się liczby utrzymywanych zwierząt gospodarskich, a także znaczne wahania światowych cen pasz białkowych, takich jak poekstrakcyjna śruta sojowa, wymuszają poszukiwanie alternatywnych źródeł pasz dla sektora hodowlanego.

Kolejnym problemem, który wpływa na poziom światowej produkcji produkcji pasz, są zmiany klimatu (susza, gwałtowne opady, huragany negatywnie wpływające na uprawy) oraz brak możliwości zwiększenia areału upraw roślin, zarówno paszowych, jak i konsumpcyjnych.

Dodatkowo, bazowanie na roślinach GMO jako surowcach paszowych, jest coraz częściej krytykowane na arenie światowej. Rosnące zapotrzebowanie przemysłu hodowlanego jest związane także z prognozami wzrostu populacji ludności i jej zapotrzebowaniem na żywność wysokiej jakości, w tym produkty białkowe. Dlatego trwają intensywne poszukiwania nowych, alternatywnych źródeł pasz dla zwierząt i żywności dla ludzi.

Przykładem źródła tego typu surowców są dziś owady, wokół których trwają burzliwe dyskusje, wśród rolników i konsumentów. Rośnie zainteresowanie produkcją pasz z owadów, o czym świadczą prace legislacyjne dla producentów owadów w Europie (Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności, 2021). Owady są źródłem łatwostrawnego białka, a niektóre z nich są zasobne w składniki bioaktywne, takie jak peptydy przeciwdrobnoustrojowe, kwas laurynowy czy chityna (Nogales-Mérida i in., 2019, Dossey, 2010). Zawartość białka surowego w owadach wynosi 42-63%, zawartość lipidów – do 36% ekstraktu eterowego (Makkar i in., 2014).

Stężenia nienasyconych kwasów tłuszczowych są wysokie w mączce z larw muchy domowej, mącznika młynarza i świerszcza domowego (60-70%), podczas gdy ich stężenia w larwach muchy czarnej i żołnierki są najniższe (19-37%). Badania potwierdziły, że smakowitość tych alternatywnych pasz dla zwierząt jest dobra i mogą one zastąpić 25-100% śruty sojowej lub mączki rybnej, w zależności od gatunku zwierząt (Gasco i in., 2020, Cha i in., 2019, Makkar i in., 2014, Jin i in., 2016).

Poza mączką z jedwabników, inne mączki z owadów są ubogie w metioninę i lizynę, a ich suplementacja w diecie może poprawić wydajność zwierząt i wskaźniki zastąpienia śruty sojowej oraz mączki rybnej.

Większość mączek z owadów jest uboga w Ca i konieczna jest również jego suplementacja w diecie, zwłaszcza dla rosnących zwierząt oraz kur niosek (Marono i in., 2017, Makkar i in., 2014).

Zgodnie z Rozporządzeniem WE 2017/893, do roku 2021 w Europie białko z owadów mogło być stosowane tylko w żywieniu zwierząt akwakultury oraz zwierząt futerkowych i towarzyszących. Zmiana prawodawstwa w tym zakresie, wprowadzona Rozporządzeniem Komisji Europejskiej 2021/1372 z 17 sierpnia 2021 r., rozszerzyła możliwość wykorzystania przetworzonego białka zwierzęcego (z ang. PAP – processed animal protein) z owadów o żywienie drobiu oraz świń.

W krajach azjatyckich zwierzęta te z powodzeniem wykorzystuje się od setek lat, jako bezpieczne źródło pokarmu dla ludzi (van Huis i in., 2013). Z drugiej strony istnieje obawa konsumentów i hodowców o jakość i bezpieczeństwo pasz pozyskiwanych z owadów.

Możliwość stosowania pasz z owadów w żywieniu bydła i innych zwierząt gospodarskich, wymaga przeprowadzenia badań nad ich bezpieczeństwem oraz strawnością, a także wpływem na produktywność zwierząt żywionych takimi paszami.

W kilku ośrodkach naukowo-badawczych w kraju trwają prace nad zastosowaniem pasz wytworzonych z owadów w żywieniu zwierząt hodowlanych. Badania pokazują, że owady mogą stanowić alternatywę dla pasz, takich jak mączka rybna oraz śruta sojowa (Chia i in., 2019). Wynika to ze składu chemicznego pasz pozyskiwanych z owadów.

Owady – jako pasza wysokobiałkowa – są naturalnym składnikiem pokarmowym w ekologicznych gospodarstwach rybackich i drobiarskich (Gasco i in., 2020). Obecnie wskazuje się na około 2000 gatunków owadów o potencjale żywnościowym dla ludzi i zwierząt. W warunkach europejskich, do hodowli na dużą skalę i panujące warunki klimatyczne wskazuje się na muchę domową (*Musca domestica*), mącznika młynarka (*Alphitobius diaperinus*), mącznika żółtego (*Tenebrio molitor*), żołnierkę czarną (*H. illucens*), świerszcza domowego (Gałęcki i in., 2021). Pod uwagę bierze się również karaluchy, szarańczaki, ćmy woskówki, chrabąszcze, muchówki, jedwabniki, pasikoniki czy świerszcze śródziemnomorskie.

Owady wytypowane do produkcji pasz muszą się charakteryzować krótkim cyklem życiowym i szybkim wzrostem, dużą przeżywalnością osobników młodocianych, odpornością na przebywanie w dużym zagęszczeniu i wysokim wykorzystaniem pasz (wysokim współczynnikiem konwersji pasz) (Chia i in., 2018).

Nasuwa się też pytanie, w jakim stadium rozwoju wykorzystywać owady, ponieważ istnieją różnice w składzie ciała i pozyskanych pasz pomiędzy stadiami larwalnymi, a imago owadów (Gasco i in., 2020).

W badaniach przeprowadzonych w latach 2016-2018 wykazano, że zastąpienie śruty sojowej mączką z owadów nie wpłynęło negatywnie na wydajność niosek (Marono i in., 2017) oraz jakość jaj (Secci i in., 2018). W doświadczeniach z udziałem kurcząt brojlerów, zastosowanie pasz z owadów zmniejszyło współczynnik konwersji paszy (Bovera i in., 2016). Współczynnik konwersji paszy (FCR) to ilość paszy spożywanej przez zwierzę, która może zostać przekształcona w jeden kilogram żywej wagi.

Wpływ dodatku pasz z owadów na wyniki produkcyjne świń był również pozytywny. U prosiąt odsadzanych od lochy, dodatek owadów korzystnie wpłynął na wzrost i strawność składników pokarmowych (Jin i in., 2016).

W przypadku przeżuwaczy (przede wszystkim bydła), wprowadzenie pasz z owadów do dawki wymaga znajomości ich wartości pokarmowej, przeprowadzenia badań strawnościowych na poziomie żwacza oraz jelita, w tym degradacji azotu. Konieczne jest także określenie wielkości produkcji gazów, lotnych kwasów tłuszczowych oraz amoniaku. W dostępnej literaturze opracowań wyników tego typu badań, przeprowadzonych z udziałem przeżuwaczy, jest niewiele. Dotyczą one głównie badań *in vitro* po inkubacji pasz w płynie żwacza (tylko dwa obejmowały doświadczenia z udziałem bydła).

W doświadczeniu przeprowadzonym przez indonezyjski zespół Jayanegara i in. (2017) badano profil fermentacji *in vitro* płynu żwacza krów rasy HF, dawek z trawy napierowej (słoniowej) z dodatkiem śruty sojowej oraz z mączką z larw muchy czarnej w różnym wieku. Stwierdzono, że wysoka zawartość białek nierozpuszczalnych w obojętnych i kwaśnych roztworach detergentów, odpornych na enzymy mikrobiologiczne w żwaczu, pochodzących z mączki owadziej wpłynęła na zmniejszenie dostępności jelitowej aminokwasów. Niższe było stężenie amoniaku w żwaczu, obniżona strawność *in vitro* suchej masy i masy organicznej, w porównaniu z dietą z dodatkiem śruty sojowej. Wskazano jednak na pozytywny wpływ dawek pokarmowych z dodatkiem mączki z larw muchy czarnej na redukcję emisji metanu w porównaniu z dietą z dodatkiem śruty sojowej.

Z kolei w badaniach Fukuda i in. (2022) młode woły żywiono sianem niskiej jakości (b.og. – 6,55% s.m.) z dodatkami białkowymi w postaci śrut z bawełny oraz sojowej lub mączki z larw muchy czarnej. Stwierdzono brak wpływu dodatku mączki z larw na profil fermentacji w żwaczu, brak wpływu na strawność suchej masy i masy organicznej.

Woły żywione dawkami z dodatkiem białka owadziego charakteryzowały się większym pobraniem suchej masy dawki i wyższymi przyrostami masy ciała, wyższą strawnością masy organicznej w przeliczeniu na metaboliczną masę ciała, a także wyższym pobraniem energii brutto i wyższą strawnością energii dawek z dodatkiem mączki z larw muchy czarnej.

W literaturze brakuje prac dotyczących wpływu dodatku owadów paszowych do dawki lub zastąpienia śrut białkowych białkiem owadzym, na wydajność i parametry składu mleka oraz skład chemiczny mięsa wołowego. Autorzy prac podkreślają konieczność przeprowadzenia dalszych badań, szczególnie doświadczeń *in vivo* oraz produkcyjnych z udziałem bydła.

W doświadczeniach przeprowadzonych na owcach merynosach określano wartość pokarmową, strawność i rozkład azotu ( $N_4$ ) pasz z owadów (Torralba i in., 2022) w badaniach *in vitro* i *in sacco*. Wykazano, że azot pochodzący z gatunków 4 owadów (o zawartości N od 81 do 112 g/kg s.m.) nie ulegał dużej degradacji w żwaczu (41-76%), która była niższa niż dla śruty sojowej. Ponadto strawność jelitowa niezdegradowanego azotu *in vitro* była stosunkowo wysoka we wszystkich paszach i wynosiła  $\geq 64\%$ .

Wskazuje to na duży potencjał pasz z owadów dla przeżuwaczy. Jednak z uwagi na niską zawartość lizyny i metioniny w tych paszach, jako aminokwasów limitujących w produkcji mleka, skład będzie musiał być modyfikowany lub dawki z ich udziałem uzupełniane.

Pozytywnym aspektem hodowli owadów z przeznaczeniem do produkcji pasz i żywności, jest jej wpływ na środowisko, stanowiący ważny element zrównoważonej produkcji żywności. Utrzymanie owadów oznacza niskie zużycie wody, ponieważ nie potrzebują one wody pitnej i korzystają z wody dostępnej w owocach i warzywach (Oonincx i de Boer, 2012). Koszt oraz ślad wodny w hodowli tych zwierząt jest nieporównywalnie mniejszy, w porównaniu z drobiem, trzodą chlewną czy bydłem (Oonincx, 2020).

Kolejną, pozytywną stroną hodowli owadów z przeznaczeniem do produkcji pasz i żywności dla ludzi, jest możliwość ich utrzymania przez drobnych rolników oraz brak konieczności zagospodarowania dużych areałów ziemi (Payne i in., 2016).

Wskazuje się również na pozytywny aspekt wykorzystania owadów, jako narzędzia służącego do zagospodarowania i utylizacji odpadów z przemysłu spożywczego (Orlicki, 2019). Larwy owadów ułatwiają naturalny recykling odpadów żywnościowych. Biologiczne przetwarzanie odpadów organicznych poprzez produkcję owadów z przeznaczeniem na pasze, przyczyniłoby się do zmniejszenia deficytu białka w Polsce i wpłynęłoby na zmniejszenie ilości i objętości odpadów (Gałęcki i in., 2021).



Niektórzy badacze wskazują również na możliwości szybkiej modyfikacji wartości odżywczej owadów, jako pasz i żywności, poprzez żywienie insektów dodatkami białkowymi, suszonym mięszem z dyni z dodatkiem oleju lnianego (Bawa i in., 2020, Oonincx i in., 2020).

W kilku badaniach wskazywano na porównywalny skład białkowy pasz z much (*Diptera*), świerszczy (*Orthoptera*) i chrząszczy (*Coleoptera*) z tradycyjnymi źródłami białka, takimi jak wołowina, drób i wieprzowina (Payne i in., 2016, Frigerio i in., 2020, Stull, 2021). Na podstawie przytaczanych badań udowodniono, że owady stanowią zrównoważone źródło białka dla zwierząt gospodarskich, takich jak drób, ryby i trzoda chlewna.

## Literatura:

Bawa M., Songsermpong S., Kaewtapee C., Chanput W. 2020. Effect of diet on the growth performance, feed conversion and nutrient content of the house cricket. *J. Insect Sci.*, 20, 1-20.

Bovera F., Loponte R., Marono S., Piccolo G., Parisi G., Iaconi V., et al. 2016. Use of *Tenebrio molitor* larvae meal as protein source in broiler diet: effect on growth performance, nutrient digestibility, and carcass and meat traits. *J. Anim. Sci.* 94, 639–647

Chia S. Y., Tanga C. M., Osuga I. M., Mohamed S. A., Khamis F. M., Salifu D. 2018. Effect of waste stream combinations from brewing industry on performance of black soldier fry, *Hermetia illucens* (Diptera Stratiomyidae). *Peer J.* 6, e 5885.

Chia S. Y., Tanga C. M., van Loon J. J., Dicke M. 2019. Insects for sustainable animal feed: inclusive business models involving smallholder farmers. *Curr. Opin. Environ. Sustain.*, 41, p. 23-30.

Dossey A. T. 2010. Insects and their chemical weaponry: new potential for drug discovery. *Nat. Prod. Rep.* 27, 1737–1757

European Food Safety Authority (2021). Edible Insects: The Science Novel Food Evaluations. Available online at: <https://www.efsa.eu/en/news/edible-insects-science-novel-food-evaluations> (accessed May 10, 2021).

Gałęcki R., Zielonka Ł., Ząsepa M., Gołębiowska J., Bakuła T. 2021. Potential Utilization of Edible Insects as an Alternative Source of Protein in Animal Diets in Poland. *Front. Sustain. Food Syst.*, 17 June 2021, Sec, Nutrition and Sustainable Diets, Vol. 5 -2021, 1-8.

Gasco L., Józefiak A., Henry M. 2020. Beyond the protein concept: health aspects of using edible insects on animals. *Journal of Insects as Food and Feed*: 2020, 7 (5)- Pages: 715 – 741.

Jin X. H., Heo P. S., Hong J. S., Kim N. J., Kim Y. Y. 2016. Supplementation of dried mealworm (*Tenebrio molitor* larva) on growth performance, nutrient digestibility and blood profiles in weaning pigs. *Asian Australas. J. Anim.* 29:979.

Makkar H. P., Tran G., Heuzé V., Ankers P. 2014. State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Anim. Feed Sci.* 197, 1–33.

Marono S., Loponte R., Lombardi P., Vassalotti G., Pero M. E., Russo F. 2017. Productive performance and blood profiles of laying hens fed *Hermetia illucens* larvae meal as total replacement of soybean meal from 24 to 45 weeks of age. *Poult. Sci.* 96, 1783–1790.

- Nogales-Mérida S., Gobbi P., Józefiak D., Mazurkiewicz J., Dudek K., Rawski M., et al. 2019. Insect meals in fish nutrition. *Rev. Aquac.* 11, 1080–1103.
- Oonincx D. G. A. B., Laurent S., Veenenbos M. E., van Loon J. J. A. 2020. Dietary enrichment of edible insects with omega 3 fatty acids. *Insect. Sci.*, 27, 500-599.
- Oonincx D. G. A. B., de Boer I. J. M. 2012. Environmental impact of the production of mealworms as a protein source for humans – a life cycle assessment. *PLoS ONE* 7:e51145
- Orlicki Ł. 2019. Hodowla larw much jako innowacyjna metoda zagospodarowania produktów ubocznych przemysłu spożywczego. W: Powstawanie i zagospodarowanie odpadów generowanych w rolnictwie i przemyśle rolno-spożywczym – stan obecny i perspektywy. Raport 2019. Wydawnictwo Europejskiej Agencji Rozwoju, Kielce, 2019, s. 107-114.
- Payne C. L. R., Scarborough P., Rayner M., Nonaka K. 2016. Are edible insects more or less „healthy” than commonly consumed meats? A comparison using two nutrient profiling models developed to combat over- and undernutrition. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 70, p. 285-291.
- Secci G., Bovera F., Nizza S., Baronti N., Gasco L., Conte, G., et al. 2018. Quality of eggs from Lohmann Brown Classic laying hens fed black soldier fly meal as substitute for soya bean. *Animal* 12, 2191–2197
- Stull V. J. 2021. Impacts of insects consumption on human health. *J. Insects Food Feed*, 7, p. 1-20.
- Toral P. G., Hervás G., González-Rosales M. G., Mendoza A. G., Robles-Jiménez L. E., Frutos P. 2022. Insects as alternative feed for ruminants: comparison of protein evaluation methods. *Journal of Animal Science and Biotechnology* volume13, Article 21 (2022)
- van Huis A. 2013. Potential of insects as food and feed in assuring food security. *Annu. Rev. Entomol.* 58, 563–583

## Produkty uboczne przemysłu rolno-spożywczego, jako element racjonalnego gospodarowania surowcami

Szeroka gama produktów ubocznych, które powstają w wyniku przetwórstwa rolno-spożywczego i produkcji żywności dla ludzi, jest źródłem cennych pasz i uzupełnieniem dawek pokarmowych w żywieniu bydła oraz innych gatunków zwierząt gospodarskich. Udział komponentów ubocznych, powstających przy produkcji żywności dla ludzi, waha się od 20% – przy intensywnym mieleniu zbóż, do 60% – przy produkcji oleju rzepakowego (Thompson i in., 2023).

Uboczne produkty zwierzęce to między innymi maślanka, serwatka, odtłuszczone mleko, tłuszcze, mączka rybna i plazma krwi oraz surowce roślinne m.in. młóto browarniane, drożdże, kielki słodowe z browarnictwa, wywary gorzelniane i DGGS z przemysłu spirytusowego i fermentacyjnego, otręby i słoma zbożowa z przemiału zbóż, łuski i inne odpady z roślin oleistych, bawełny, orzechów, makuchy, ekspelery i śruty poekstrakcyjne z nasion roślin oleistych, wystódki, cukier paszowy i melasa buraczana powstające przy produkcji cukru, wytloki i pulpy owocowe oraz warzywne będące odpadem w produkcji soków, dżemów i musów, czy pulpy i wycierki ziemniaczane z produkcji skrobi.

Produkty te nie nadają się do spożycia przez ludzi i w większości przypadków nie mogą być zagospodarowane, jako komponenty produktów spożywczych przeznaczonych do konsumpcji. Z tego powodu ich skarmianie przez bydło nie stanowi konkurencji żywieniowej dla człowieka, a wręcz przeciwnie – nie trzeba ponosić kosztów energetycznych i środowiskowych w celu ich zagospodarowania i utylizacji.

Nawet jeśli produkty uboczne z przemysłu rolno-spożywczego zawierają elementy jadalne dla ludzi, są one zwykle odrzucane z powodów technologicznych lub ekonomicznych (Thompson i in., 2023). Ich wykorzystanie w żywieniu bydła stanowi prośrodowiskowy aspekt chowu przeżuwaczy, na który rzadko zwraca się uwagę. Bez obecności bydła i innych gatunków zwierząt hodowlanych, które wykorzystują wymienione produkty i przekształcają je w wartościowe białko zwierzęce, odpady te musiałyby być składowane i przekształcane np. na kompost lub spalane. W ten sposób byłby dodatkowym źródłem emisji obciążających środowisko, w tym CO<sub>2</sub> oraz innych substancji szkodliwych.

Kolejnym problemem jest marnotrawienie żywności. Według danych amerykańskiej Agencji Ochrony Środowiska (EPA) rocznie w Stanach Zjed-

noczonych około 45 mln ton mleka, produktów zbożowych, warzyw i owoców nie jest wykorzystywanych. Są one traktowane jako odpad, którego koszt utylizacji wynosi około 1 mld dolarów (Kopik, 2019).

W Polsce dane tego typu są niedoszacowane ze względu na brak prowadzenia ewidencji odpadów przez gospodarstwa rolne oraz niepełną ewidencję ze zbiorczych zestawień, dostarczaną przez podmioty przetwórcze do urzędów marszałkowskich.

Wykorzystanie produktów odpadowych z przetwórstwa oraz resztek żywności w żywieniu zwierząt gospodarskich, wpisuje się w zasadę zrównoważonego i odpowiedzialnego ekologicznie rolnictwa, jako tzw. 3R, czyli *Reduce – Reuse – Recycle*. W Polsce stosuje się jej spolszczony odpowiednik jako regułę 3U, czyli *Unikaj – Użyj ponownie – Utylizuj* (Kopik, 2019).

Z uwagi na ograniczoną objętość publikacji, podajemy jedynie kilka przykładów pasz pochodzących z przetwórstwa rolno-spożywczego.

## **Produkty uboczne z przemysłu owocowo-warzywnego**

Produkty uboczne przetwórstwa owocowo-warzywnego, takie jak wytloki czy pulpy, znajdują szerokie zastosowanie w konwencjonalnym przemyśle paszowym. Powstają przede wszystkim podczas produkcji soków. W Polsce najwięcej odpadów pozostaje po produkcji soku jabłkowego oraz marchwiowego.

Innym, często wykorzystywanym komponentem w produkcji przemysłowej pasz, głównie dla cieląt, są wytloki cytrusowe dodawane do muesli i granulatów. Są to surowce wykorzystywane na skalę przemysłową, po technologicznej obróbce i przetworzeniu.

Jabłka są wykorzystywane do przetwórstwa na owoce suszone, żywność dla dzieci, dżemy i do produkcji soków owocowych, cydrów, napojów alkoholowych i octu.

Produkty uboczne z przetwórstwa jabłek, stanowiące główny odpad przemysłowy w przetwórstwie owoców w Polsce (Gołębiewska i in., 2022), cechuje zawartość cennych składników odżywczych dla bydła, takich jak węglowodany (glukoza, fruktoza, sacharoza a nawet skrobia), związki mineralne (fosfor, magnez, wapń, żelazo), witaminy oraz włókno pokarmowe w tym ligniny, celuloza oraz hemiceluloza.

W żywieniu bydła mogą być stosowane, jako zamiennik pasz objętościowych energetycznych oraz włóknistych (siano, wyciek).

Wytłoki owocowe są źródłem również kwasów organicznych (np. jabłkowego), które w małych ilościach podnoszą pobranie i strawność innych składników paszy. Wysoki udział wytłoków w dawkach dla zwierząt może wpływać jednak na ograniczenie pobrania, ze względu na ostry smak wynikający w obecności kwasów owocowych. W wytłokach najcenniejsze są związki polifenolowe i pektyny, których najwięcej znajduje się w wytłokach jabłkowych.

Ponadto wytłoki owocowe są dobrym źródłem cennych związków polifenolowych (od 31 nawet do 51%), chroniących organizm przed stresem oksydacyjnym i redukujących stany zapalne. U bydła mlecznego stres oksydacyjny jest jednym z głównych czynników wpływających na występowanie zaburzeń w rozrodzie oraz zmniejszenie wydajności mlecznej (Safa i in., 2019).

W polskich badaniach z 2022 r. (Bartel i in., 2022) badano wpływ suszonych wytłoków jabłkowych na parametry płynu żwacza i status antyoksydacyjny krów mlecznych, jako zwierząt szczególnie narażonych na zaburzenia homeostazy i występowanie stresu oksydacyjnego, powstającego w wyniku intensywnej produkcji mleka. Wykazano, że stanowią one korzystny dodatek paszowy w żywieniu krów, ze względu na zawartość składników odżywczych oraz związków przeciwutleniających, głównie polifenoli.

Polifenole stanowią liczną grupę substancji, na którą składa się ponad 4000 różnych związków o charakterze przeciwutleniającym. Włączenie wytłoków owocowych zwiększyło potencjał oksydacyjno-redukujący i zredukowało proces degradacji lizosomów w płynie żwacza. Stwierdzono, że związki niskocząsteczkowe (takie jak kwas askorbinowy), zawarte w sусу jabłkowym, w wystarczającym stopniu chronią żwacz przed procesami utleniania.

Ze względu na dużą zawartość wody (do 73%) i cukrów, wytłoki jabłkowe jako pasza dla zwierząt muszą zostać przetworzone i zakonserwowane – w tym celu suszy się je lub zakisza. W warunkach gospodarstwa wytłoki zakisza się podobnie, jak kukurydzę, jednak z uwagi na wysoką zawartość włókna, należy dużo dłużej ugniatać tak formowaną przymę.

Zgodnie z zaleceniami specjalistów, udział wytłoków w dawkach pokarmowych dla bydła może wynosić do 30 kg wytłoków świeżych lub kiszonych oraz do 5 kg wytłoków suszonych. Wytłoki jabłkowe są paszą niskobiałkową – zawierają mało białka i niezbędnych aminokwasów. Może to prowadzić do występowania zaburzeń w przemianach białkowych oraz jego strawności w żwacu (Beigh i in., 2015). Jednak obecność i aktywność jednej z aminopeptydaz oraz wysoka zawartość węglowodanów pozytywnie wpływających na rozwój mikroorganizmów żwacza i syntezę

białka mikrobiologicznego (głównie pierwotniaków), niwelują negatywny wpływ tego rodzaju paszy na przemiany białkowe.

Spośród wyłoków owocowych, najwyższą zawartością białka odznaczają się wyłoki winogronowe. Badania z wykorzystaniem wyłoków cytrusowych oraz winogronowych potwierdziły, że ich włączenie do dawek dla zwierząt (drób, krowy mleczne), jest korzystne dla środowiska i zdrowia zwierząt (Colombino i in., 2020). Ekstrakt z wyłoków z winogron poprawił odporność i stan zdrowotny krów dzięki zawartości m.in. polifenoli, głównie resweratrolu (Pauletto i in., 2020).

W badaniach indyjskich (Tiwari i in., 2008) określano wpływ żywienia wyłokami z jabłek na wydajność i skład mleka krów. Nie wykazano istotnego wpływu dodatku wyłoków do dawki pokarmowej na produkcję mleka. Nie stwierdzono także istniejącej zmiany procentowej zawartości tłuszczu w mleku zwierząt, otrzymujących wyłoki jabłkowe, jednak poziom suchej masy beztłuszczowej w mleku zwierząt żywionych wyłokami był wyższy.

Zawartość białka w mleku krów żywionych i nieskarmianych wyłokami była porównywalna. W badaniach tych stwierdzono jednak, że w dawce pokarmowej dla krów mlecznych można w bezpieczny i ekonomicznie uzasadniony sposób zastąpić kukurydzę wyłokami jabłkowymi, w ilości do 33% dawki.

W warunkach przemysłowych suszone wyłoki jabłkowe w postaci granulatów czy płatków stanowią cenny i często stosowany komponent pasz pełnoporcjowych dla wszystkich grup wiekowych bydła. Najczęściej znajdują zastosowanie w produkcji pasz dla cieląt – muesli i granulatów.

Ze względu na wysoką zawartość pektyn i ich właściwości żelujące oraz wiążące **wyłoki są wykorzystywane przede wszystkim w mieszankach paszowych**, jako dodatek zagęszczający i sorbent. Dodawane do paszy dla cieląt przeciwdziałają biegunkom. Pektyny wiążą substancje drobnocząsteczkowe, takie jak grzyby pleśniowe czy metale ciężkie.

Wykorzystanie wyłoków owocowych – świeżych, kiszonych, a także suszonych, jest możliwe również w opasie bydła, w żywieniu którego stosuje się wyłoki jabłkowe, gruszkowe, cytrusowe i winogronowe.

Efektom ich zastosowania jest zmniejszenie kosztów żywienia zwierząt. Dodatek wyłoków owocowych podnosi walory dietetyczne mieszanek paszowych, poprzez wzrost ilości monomerów antocyjanowych oraz zdolności sorpcyjnych.

Kolejnymi komponentami, uzyskiwanymi w przetwórstwie warzywnym, są wyłoki z marchwi. Powstają jako odpad poprodukcyjny głównie przy ekstrakcji soku, stanowiący około jednej trzeciej masy marchwi.

Charakteryzuje się on dużą zawartością cukrów, białek (albuminy, gluteliny, globuliny, prolaminy), makro- i mikroelementów oraz kwasów fenolowych – p-kumarowego, ferulowego, galusowego i chlorogenowego (Bakshi i in., 2016, Donato i in., 2014).

W zagranicznych badaniach, wytloki z marchwi są często stosowane jako pasza dla przeżuwaczy, w postaci zakiszanej z innymi surowcami paszowymi (Wadhwa i in., 2013, Bakshi i in., 2016). Wytloki z warzyw, w porównaniu z owocowymi, są znacznie bogatsze w składniki mineralne, karotenoidy (np. marchew i pomidory) czy frakcje celulozowe.

## **Produkty uboczne z przemysłu olejarskiego**

Do takich produktów należą poekstrakcyjne śruty, makuchy i ekspelery, które w zależności od użytego surowca, charakteryzują się różnym składem chemicznym. Powstają w wyniku ekstrakcji mechanicznej (makuchy) oraz chemicznej (śruty). W warunkach krajowych są produkowane głównie z rzepaku, w znacznie mniejszym zakresie – z lnu i słonecznika.

Produkty rzepakowe, pochodzące z przemysłu olejarskiego są cennym źródłem pasz białkowych dla bydła. Są ważnym elementem w ich żywieniu, umożliwiają częściowe uniezależnienie się od dostaw poekstrakcyjnej śruty sojowej z zagranicy.

Białko pasz rzepakowych jest dla bydła wartościowe ze względu na zawartość aminokwasów siarkowych – tryptofanu i metioniny. Charakteryzuje się także wysoką strawnością jelitową, choć znaczna ilość białka pasz rzepakowych jest rozkładana w żwaczu.

Wartość energetyczna śruty rzepakowej dla bydła jest zbliżona do wartości energetycznej ziarna jęczmienia (Nair i in., 2015, 2016). Wykazano, że jest cennym źródłem energii dla bydła opasowego, zarówno w okresie odchowu jak i pod koniec tuczu (Damiran i McKinnon, 2018).

Poekstrakcyjna śruta rzepakowa, charakteryzuje się również cennym składem mineralnym oraz zawartością witamin. RSM zawiera dwukrotnie więcej wapnia, fosforu oraz magnezu niż śruta sojowa, a także czterokrotnie wyższą zawartością witaminy E, dwukrotnie wyższym poziomem kwasu foliowego, pięciokrotnie większą ilością witaminy PP oraz trzykrotnie wyższą zawartością biotyny i cholicy.

W praktyce, w żywieniu bydła, poekstrakcyjna śruta rzepakowa stanowi podstawową paszę białkową, stosowaną w pełnoporcjowych mieszankach treściwych, koncentratkach i korektorach białkowych, w których jej udział może wynosić nawet 90%.

Hodowcy często sami przygotowują wyrównujące mieszanki treściwe, w skład których wchodzi przede wszystkim śruta rzepakowa oraz śruty zbożowe, głównie jęczmienna, pszenżytnia oraz pszena. Są one mieszane w TMR-ach, bazujących na sianokiszonce lub kiszonce z traw, jęczmienia oraz kukurydzy. Zalecany, dopuszczalny udział poekstrakcyjnej śruty rzepakowej w dawkach dla młodego bydła opasowego wynosi 30%. W przeliczeniu na okres tuczu, z zależności od zakładanej wagi ubojowej oraz stosowanych pasz objętościowych (kiszonka z kukurydzy), daje zużycie na poziomie 0,15-2,0 kg śruty/szt./dobę (Brzóska i in., 2010).

W żywieniu krów mlecznych zaleca się, aby w dziennej dawce pokarmowej nie przekraczać 5 kg. Udział śruty w dawce powinien wynikać z jej zbilansowania, według niektórych naukowców może on wynosić do 6,5 kg/szt./dzień (Kowalski, 2021).

Na rynku jest dostępna szeroka gama śruty rzepakowej, uszlachetnionej na drodze ekstruzji, mikronizacji oraz procesu ekspandowania (ten ostatni dotyczy najczęściej makuchów rzepakowych).

Procesy uszlachetniania śruty rzepakowej stosuje się głównie w celu ochrony białka przed nadmiernym rozkładem w żwaczu. W ten sposób osiąga się poprawę jego strawności o ok. 10%. W ich wyniku poprawie ulega również strawność tłuszczu poprzez jego lepszą emulgację oraz strawność włókna dzięki jego mechanicznemu rozcieraniu. Produkty rzepakowe, powstałe w wyniku tych technologii, stosuje się w żywieniu bydła w ilości od 0,5 do 2,0 kg/szt./dzień.

## **Produkty uboczne przemysłu browarniczego**

Cennym produktem, pozyskiwanym z tego przemysłu, stanowiącym wartościową paszę dla bydła, jest młóto browarniane. Powstaje ono przy produkcji piwa, a najczęściej wykorzystywanym zbożem do jego produkcji jest jęczmień.

Świeże młóto browarniane zawiera 15-30%, jest to pasza zasobna w białko strawne jelitowo, które stanowi ok. 75-85% s.m. młóta. Młóto jest zasobne w lizynę, będącą aminokwasem limitującym w produkcji mleka.

O wartości energetycznej młóta decydują węglowodany nierozłożone w procesie hydrolizy (są to pozostałości skrobi, pentozany i związki pektynowe, stanowiące ok. 20% s.m. młóta) oraz włókno pokarmowe.

Według norm IZ-INRA (2014) 1 kg świeżego młóta zawiera 0,19 JPM energii netto dla krów mlecznych. Białko młóta jest rozkładane w żwaczu



na poziomie 45%, pozostała część jest degradowana w jelicie, gdzie jego rzeczywista strawność jest wysoka i wynosi około 85%.

Ta pula białka jest istotna ze względu na produkcję białka w mleku, dlatego młoto jest uważane za paszę mlekopędną.

Ze względu na dużą ilość wody, młoto jest paszą szybko psującą się, dlatego należy je zakonserwować lub korzystać ze świeżych dostaw tej paszy. Świeże młoto powinno być skarmione maksymalnie w ciągu 2-3 dni. W warunkach gospodarstwa młoto najczęściej się kisi.

W żywieniu bydła, przy stosowaniu świeżego młota zaleca się, aby jego dzienne dawki wynosiły:

- dla krów mlecznych ok. 6-8 kg/szt.,
- dla cieląt – maksymalnie 2-5 kg/szt.,
- dla opasów – nie więcej niż 2-3 kg na każde 100 kg masy ciała.

W celu zapewnienia dostępności w dłuższym okresie, należy je poddać konserwacji. Kiszenie jest dobrą metodą wydłużenia jego trwałości i przydatności do skarmiania, ogranicza bowiem straty składników pokarmowych. Zakiszone młoto zawiera 25-30% suchej masy, 23% białka ogólnego, 13% tłuszczu i 21,1% włókna surowego.

Ze względu na zawartość wody i konsystencję, młoto dobrze miesza się z innymi paszami i jest dobrym komponentem TMR-u. W żywieniu bydła można stosować również młoto suszone – jest ono wówczas dodatkiem paszowym oferowanym przez firmy, występuje zwykle w postaci granulowanej i jest klasyfikowane, jako białkowa pasza treściwa.

### **Literatura:**

Ajila C., Sarma S., Brar S., Godbout S., Cote M., Guay F., Valéro J. 2015. Fermented apple pomace as a feed additive to enhance growth performance of growing pigs and its effects on emissions. *Agriculture* 5(2), 313-329.

Ajila C. M., Brar S.K., Verma M., Rao U.P. 2012. Sustainable solutions for agro processing waste management: An Overview. In *Environmental Protection Strategies for Sustainable Development*, Malik, A., Grohmann, E., Eds., Springer Science/Business Media: Dordrecht, The Netherlands, pp. 65-109.

Bartel I., Koszarska M., Wysocki K., Kozłowska M., Szumacher-Strabel M., Cieślak A., Wyrwał B., Szejner A., Strzałkowska N., Horbańczuk J.O. 2022. Effect of Dried Apple Pomace (DAP) as a Feed Additive on Antioxidant System in the Rumen Fluid. *Int. J. Mol. Sci.* 2022, 23, 10475.

Bakshi M., Wadhwa M., Makkar H. 2016. Waste to worth: vegetable wastes as animal feed. *CAB Reviews, Perspectives in Agric. Vet. Sci. Nutr. and Natural Resources*, 11: 1–26

Beigh Y.A., Ganai A.M., Ahmad H.A. 2015. Utilization of apple pomace as livestock feed: A review. *Ind. J. Small Rum.* 2015, 21, 165–179.

- Brzóska F., Hanczakowska E., Koreleski J., Strzetelski J., Świątkiewicz S. 2010. Pasze rzepakowe w żywieniu zwierząt. Monografia, Wydawnictwo Polskiego Stowarzyszenia Producentów Oleju, Warszawa, 2010, s. 49-56.
- Colombino E., Ferrocino I., Biasato I., Coccolin L.S., Prieto-Botella D., Zdunczyk Z., Janowski J., Milala J., Kosmala M., Fotschki B., et al. 2020. Dried fruit pomace inclusion in poultry diet: Growth performance, intestinal morphology and physiology. *J. Anim. Sci. Biotech.* 2020, 11, 63.
- Damiran D., McKinnon J.J. 2018. Evaluation of wheat-based dried distillers grains with solubles or canola meal derived from *Brassica napus* seed as an energy source for feedlot steers. *Translational Animal Science*, 2(suppl. 1), pp.S139-S144.
- Donato P.D., Finore I., Anzelmo G., Lama L., Nicolaus B., Poli A. 2014 **Biomass and biopolymer production** using vegetable wastes as cheap substrates for extremophiles. *Chemical Engineering Transactions*, 38: 163–168.
- Gołębiewska E., Kalinowska M., Yildiz, G. Sustainable Use of Apple Pomace (AP) in Different Industrial Sectors. *Materials* 2022, 15, 1788.
- Kopik M. 2019. Powstawanie i zagospodarowanie odpadów generowanych w rolnictwie i przemyśle rolno-spożywczym – stan obecny i perspektywy. Raport 2019. Wydawnictwo Europejskiej Agencji Rozwoju, Kielce, 2019, s. 1-149.
- Kowalski M. 2021. Dlaczego poekstrakcyjna śruta rzepakowa jest lepsza dla krów mlecznych niż soja? W: Żywnienie bydła mlecznego produktami pochodzenia rzepakowego. Wydawnictwo Polskiego Stowarzyszenia Producentów Oleju, Warszawa 2021, ISBN: 978-83-959757-6-9, s. 12-17.
- Nair J., Penner, G.B., Yu, P., Lardner, H.A., McAllister, T.A., Damiran, D., McKinnon, J.J. 2016. Evaluation of canola meal derived from *Brassica Juncea* and *Brassica napus* on rumen fermentation and nutrient digestibility by feedlot heifers fed finishing diets. *Canadian Journal of Animal Science*, 96(3), pp.342-353.
- Nair J., Penner G.B., Yu, P., Lardner, H.A., McAllister, T., Damiran, D., McKinnon, J.J. 2015. Evaluation of canola meal derived from *Brassica Juncea* and *Brassica napus* seed as an energy source for feedlot steers. *Canadian Journal of Animal Science*, 95(4), pp.599-607.
- Zalecenia Żywniowe dla Przeżuwaczy i Tabele Wartości Pokarmowej Pasz. IZ PIB-INRA, 2014, praca zbiorowa pod red. J. Strzetelskiego, Wydawnictwo IZ PIB, Kraków, 2014.
- Pauletto M., Elgendy R., Ianni A., Marone E., Giantin M., Grotta L., Ramazzotti S., Bennato F., Martino G. 2020. Nutrigenomic effects of long-term grape pomace supplementation in dairy cows. *Animals* 2020, 10, 714.
- Safa S., Kargar S., Moghaddam G.A., Ciliberti M.G., Caroprese M. 2019. Heat stress abatement during the postpartum period: Effects on whole lactation milk yield, indicators of metabolic status, inflammatory cytokines, and biomarkers of the oxidative stress. *J. Anim. Sci.* 2019, 97, 122–132.
- Thompson L., **Rowntree J., Windisch W., M Waters S. M., Shalloo L., Manzano P. 2023. Ecosystem management** using livestock: embracing diversity and respecting ecological principles. *Animal Frontiers*, Volume 13, Issue 2, April 2023, Pages 28–34.
- Tiwari S. P., Narang M. P., Dubey M. 2008. Effect of feeding apple pomace on milk yield and milk composition in crossbred (Red Sindhi x Jersey) cow. *Livestock Research for Rural Development*, 20 (4) 2008.
- Wadhwa M., Bakshi M. P. S., Makkar, H. P. S. 2013. Utilization of fruit and vegetable wastes as livestock feed and as substrates for generation of other value-added products. *FAO*, 1020-6221|1014-2789|18194591|0428-9560, pp. 1-68.

## Modyfikacja dawki pokarmowej krów, jako element redukcji strat energii paszowej oraz produkcji metanu

Metan ( $\text{CH}_4$ ) jest jednym z ważniejszych gazów cieplarnianych (GHG). Odpowiada za około 33,0% całkowitej światowej emisji gazów cieplarnianych oraz za 15-20% globalnego ocieplenia. Jest drugim najważniejszym gazem cieplarnianym, wytwarzanym w wyniku procesów antropogenicznych (czyli działania człowieka), zaraz po dwutlenku węgla. To gaz silnie powiązany z różnymi zjawiskami klimatycznymi (Tiwari i in., 2021).

Działalność człowieka, w tym uprawa ryżu, hodowla przeżuwaczy, wykorzystywanie składowisk odpadów i kompostu, beztlenowe oczyszczanie ścieków, produkcja gazu ziemnego i wydobycie węgla, odpowiada za ponad 60% całkowitej emisji metanu. W ostatnich latach na całym świecie rośnie przekonanie opinii publicznej na temat tego, że gospodarstwa utrzymujące bydło mleczne i mięsne mają wpływ na globalne ocieplenie i zmiany klimatu.

W wyniku procesu metanogenezy w żwaczu (przemiany jelitowe), bydło emituje metan do środowiska. W dyskusjach zapomina się o tym, że istnieją jeszcze inne, znaczące źródła tego gazu, takie jak tereny podmokłe i bagniste, składowiska i wysypiska śmieci oraz nieszczelny sprzęt na polach naftowych (Vafi i in., 2021, Tiwari i in., 2020).

Szacuje się, że mokradła mogą odpowiadać za jedną trzecią do 40% emisji metanu do atmosfery (Tiwari i in., 2020, La i in., 2018). Łąkowe tereny podmokłe, w tym pola uprawne ryżu, należą również do znaczących źródeł emisji metanu i odgrywają ważną rolę w zmianach klimatu. Rola terenów podmokłych w emisji  $\text{CH}_4$  i ich konsekwencje dla zmian klimatu i globalnego ocieplenia mogą być poważnym problemem.

Ryż, uprawiany na zalanych polach, emituje dwa razy więcej gazów cieplarnianych niż pszenica (Wang i in., 2021). Pola ryżowe są odpowiedzialne za znaczną ilość emisji gazów cieplarnianych – 30% emisji metanu ( $\text{CH}_4$ ) oraz 11,25% emisji podtlenku azotu ( $\text{N}_2\text{O}$ ) (Sun i in., 2020, Linquist i in., 2012).

Ponadto, około 24% światowej emisji metanu i znacznie większa część jego antropogenicznych emisji jest związana z produkcją paliw kopalnych – węgla, ropy naftowej i gazu ziemnego (De Gouw i in., 2020).

Dziś większość dyskusji na temat wpływu hodowli bydła na środowisko skupia się na produkcji metanu, powstającego w wyniku procesów fermentacyjnych w żwaczu. Prowadzi to do krótkowzrocznego postrzegania oraz zmniejszenia znaczenia i wartości hodowli bydła, zarówno dla systemów produkcji żywności, jak i środowiska.

Pozytywny wpływ chowu i hodowli bydła na funkcjonowanie ekosystemów oraz zarządzania systemami rolniczymi i poprawy jakości gruntów rolniczych, służących do produkcji żywności, polega chociażby na poprawie jakości gruntów rolniczych dzięki obornikowi. Ważna jest też sekwestracja (czyli wyłapywanie i związanie) dwutlenku węgla, szczególnie na glebach, które były wcześniej zdegradowane poprzez niewłaściwe zarządzanie.

Sekwestracja węgla w glebie, w wyniku prowadzonej produkcji zwierzęcej, jest zwykle pomijana w ocenie bilansu gazów cieplarnianych. W obszernym przeglądzie literatury Cusack i in. (2021) zidentyfikowali to zjawisko, jako mające największy potencjał dla redukcji emisji GHG z produkcji wołowiny i mleka na świecie. I to zarówno w przeliczeniu na jednostkę produktu, jak i na jednostkę gruntu.

W metabolizmie przeżuwaczy, nadwyżka wodoru jest usuwana z reakcji redukcji  $\text{NAD}^+$  (dinukleotydu nikotynoamidoadeninowego) poprzez tworzenie metanu przez bakterie i archeony metanogenne. Bilans obliczeń pomiędzy LKT (lotnymi kwasami tłuszczowymi),  $\text{CO}_2$  i  $\text{CH}_4$  wskazuje, że octan i maślan odgrywają rolę w produkcji metanu, podczas gdy tworzenie propionianu utrzymuje wodór, zmniejszając produkcję tego gazu cieplarnianego.

Powstawanie metanu u przeżuwaczy nie jest pożądane, ponieważ zmniejsza wykorzystanie paszy i oznacza utratę dostępności energii z paszy o 2% do 12% (Bekele i in., 2022). Znaczna pula metanu powstaje w żwaczu i jest uwalniana w procesie odbijania. Żwacz jest złożonym ekosystemem, zasiedlanym przez liczne grupy, rodzaje, rodziny i gatunki mikroorganizmów, takich jak pierwotniaki, bakterie, archeony, wirusy, grzyby i bakteriofagi. Wszystkie te mikroorganizmy przyczyniają się do pozyskiwania energii z pasz pobieranych przez bydło i późniejszego dostarczania zwierzęciu składników odżywczych.

$\text{CH}_4$  jest wytwarzany jako produkt uboczny procesu fermentacyjnego celulozy przez żwaczowe mikroorganizmy z rodziny *Archaea*, głównie rodzaj *Methanobrevibacter* i *Methanosarcina* ssp. Wytwarzają one metan i wodę poprzez łączenie metabolicznego wodoru i dwutlenku węgla (Abbott i in., 2020, Huws i in., 2018, Sasson i in., 2017).

Liczba frakcji włókna pokarmowego, strawionego w żwaczu jest proporcjonalna do ilości produktów żwaczowej przemiany materii. Im więcej włókna pokarmowego trawi zwierzę, tym więcej metanu zostanie wyprodukowane z przemian octanu i wodoru w żwaczu (Garnsworthy i in., 2019).

W licznych doświadczeniach naukowych i produkcyjnych zbadano różne strategie ograniczania produkcji metanu u przeżuwaczy na poziomie żwacza i w jelicie. Naukowcy wskazują na dodatki paszowe, które mają zdolność zmniejszania emisji metanu u przeżuwaczy, stosowanie pasz o wysokiej strawności, zwiększanie energetyczności dawki pokarmowej przez zmniejszenie udziału pasz włóknistych na rzecz pasz treściwych, czy dodatek olejów i nasion roślin oleistych (Hristov i in., 2022).

Ze względu na znaczenie emisji metanu dla środowiska, takie badania są potrzebne, aby produkcja mleka i mięsa była bardziej zrównoważona szczególnie, jeśli bierze się pod uwagę oczekiwania konsumentów.

Najlepsze są dodatki paszowe, które nie wykazują negatywnego wpływu na populację mikroorganizmów żwacza, a efekty redukujące wynikają z właściwości pochłaniania wodoru. Substancje te, nazywane inhibitorami metanu, wykazują taką właściwość w większości przypadków.

Ważnym elementem w redukcji emisji gazów cieplarnianych z hodowli bydła jest poprawa wydajności zwierząt, poprzez stosowanie w ich żywieniu pasz o wysokiej jakości i strawności oraz dodatek preparatów wpływających na funkcjonowanie układu pokarmowego, zmianę populacji drobnoustrojów prowadzących metanogenezę oraz zwiększających przyswajalność składników pokarmowych z pasz. Zabiegi te poprawiają efektywność produkcji mleka i wołowiny, a w przypadku bydła mięsnego, skracają czas odchowu zwierząt.

Dlatego też podstawową metodą ograniczania emisji z produkcji bydłowej powinno być stosowanie pasz o wysokiej strawności i zasobności w biodostępne składniki pokarmowej. W tym celu rolnicy powinni przestrzegać zalecanych terminów zbioru roślin, wykorzystywanych do produkcji pasz objętościowych, stosować odmiany roślin o wysokiej strawności oraz żywić bydło w oparciu o zalecenia i normy.

Na podstawie analizy przeprowadzonej przez zespół Cusack i in. (2021) wywnioskowano, że poprawa jakości (strawności i koncentracji składników pokarmowych) pasz zmniejszyła emisję gazów cieplarnianych na jednostkę wytworzonej wołowiny o 7 ( $\pm$  2%). Praktyki poprawy jakości pasz często obejmowały dodatek pasz zasobnych w składniki odżywcze do dawki pokarmowej bydła, wpływające na zwiększenie gęstości energetycznej dawki pokarmowej.

Z kolei badania brazylijskie z 2015 roku wykazały, że poprawa jakości paszy, osiągnięta poprzez wysiewanie na pastwiskach traw pastewnych bogatszych w składniki odżywcze (łatwo rozpuszczalne węglowodany i białko), zmniejszyła produkcję metanu w jelitach bydła mięsnego o 20% (Ruviano i in., 2015).

Istotne jest dostosowanie dawki pokarmowej do aktualnego zapotrzebowania danej grupy produkcyjnej bydła oraz badanie składu chemicznego komponentów dawki pokarmowej. W przypadku korzystania z pasz przemysłowych, ważne jest stosowanie tych o udoskonalonej dostępności i strawności białka i energii.

Poprawę energetyczności dawki pokarmowej, przy jednoczesnej redukcji emisji metanu, można osiągnąć także, zwiększając udział zbóż w dawce lub dodając oleje i nasiona roślin oleistych.

Należy jednak pamiętać o rekomendowanych proporcjach pasz treściwych do objętościowych (zalecane udziały i poziomy zgodne z normami żywienia przeżuwaczy).

Na uwagę zasługuje również zastosowanie dodatku pasz rzepakowych w żywieniu bydła – makuchu i poekstrakcyjnej śruty rzepakowej. W badaniach kanadyjskich z 2021 r. (Holtshausen i in., 2021) porównywano emisję gazów cieplarnianych w przeliczeniu na produkcję mleka w cyklu życiowym krów mlecznych, żywionych śrutą sojową oraz rzepakową. Stwierdzono, że żywienie śrutą rzepakową zredukowało produkcję metanu w porównaniu z żywieniem opartym na śrucie sojowej.

Inną żywieniową metodą redukcji emisji  $\text{CH}_4$  jest stosowanie dodatków, jak wodorosty morskie (np. czerwona makroalga *Asparagopsis taxiformis*) oraz pasze bogate w garbniki (Hristov i in., 2022).

## **Dodatki i substancje, które mogą być stosowane w celu redukcji emisji metanu z fermentacji żwaczowej i jelitowej**

### **Inhibitory metanu**

Aby zapobiec stratom energii w postaci emisji metanu u przeżuwaczy, do dawki pokarmowej dodaje się inhibitory metanu, w postaci różnych związków i substancji pochodzących ze źródeł syntetycznych i naturalnych.

Do naturalnych źródeł inhibitorów zalicza się przede wszystkim różnych gatunków glony i makroalgi. Stwierdzono, że jeden z tych środków, bromometan ( $\text{CH}_3\text{Br}$ ), hamuje produkcję metanu poprzez reakcję z koenzy-

mem M, który bierze udział w ostatnim etapie tworzenia metanu (Zhen-minh i in., 2011).

W badaniach koreańskich z 2021 Kim i in. stwierdzili, że 3-nitrooksypropanol (3NOP) jest kolejnym, potencjalnym kandydatem na dodatek paszowy, ze względu na jego działanie redukujące produkcję metanu, bez negatywnego wpływu na wydajność zwierząt.

Również kanadyjski zespół Nkemka i in. (2019) zaobserwował znaczną redukcję ilości wytwarzanego metanu, przy suplementacji 3-nitrooksypropanolem (3NOP).

We wcześniejszych badaniach (Patra i Yu, 2013, Newbold i in., 2014, Troy i in. 2015) stwierdzono, że azotany ( $\text{NO}_3^-$ ), azotyny ( $\text{NO}_2^-$ ) i kwas 2-bromoetanosulfonowy ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{BrSO}_3$ ) wykazywały spadek produkcji metanu..

Azotany i azotyny są alternatywnymi pochłaniaczami wodoru, które odciągają jony wodoru ( $\text{H}^+$ ) z procesu metanogenezy, podczas gdy kwas 2-bromoetanosulfonowy hamuje aktywność reduktazy metylokoenzymu M. Azotan, kwas propionowy ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$ ), kwas 3-nitro-1-propionowy ( $\text{NO}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ ), siarczan ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) i saponiny (grupa wtórnych metabolitów roślinnych) zostały również dobrze zbadane i ocenione pod kątem ich metanogenego działania hamującego, pojedynczo lub w połączeniu, wykazując aktywność antymetanogeną (Wu i in., 2019).

Według brazylijskich badań zespołu Rebelo i in. (2019), było mięsne, żywione azotem niebiałkowym w postaci mocznika, charakteryzowało się niższą dzienną emisją metanu w porównaniu z dawkami z dodatkiem śruty sojowej.

Podobnie Alvarez-Hess i in. (2019) zauważyli, że dodanie azotanów, tłuszczu i 3-nitrooksypropanolu zmniejszyło produkcję metanu *in vitro* odpowiednio o 21, 19 i 44%. Brazylijski zespół Natel i in. w badaniach z 2019 r. wykazał, że zastąpienie śruty sojowej kapsułkowanymi produktami azotanowymi hamowało produkcję metanu. Do inhibitorów metanu należą również substancje obecne w wodorostach, stosowanych jako dodatki paszowe dla zwierząt gospodarskich.

## **Ekstrakty ziołowe, saponiny**

W ostatnich latach ekstrakty roślinne i ziołowe są z powodzeniem stosowane w hodowli zwierząt, jako zamienniki antybiotyków i dodatków paszowych. Wśród materiałów ekstrahowanych z roślin olejki eteryczne (Zhou i in., 2020), saponiny (Adegbye i in., 2019), garbniki (Patra i in., 2012) i siarczki organiczne (Robelo i in., 2019) wykazały pożądane właściwości

w poprawie populacji drobnoustrojów w żwaczu i metabolizmie azotu, zmniejszeniu produkcji metanu i poprawie ogólnego stanu zdrowia i wydajności zwierząt.

Według Péreza-Barberii i in. (2020) rośliny wrzosowate, które nie lubią gleb alkalicznych (np. wrzos, borówka amerykańska), zmniejszają emisję metanu u jeleni i owiec. W badaniach Fandiño i in. (2020) wykazano, że dawki powyżej 200 mg/d mieszanki olejków anyżowych (*Pimpinella anisum*) i z papryki (*Chilli pepper*) zmniejszały stosunek octanów do propionianów i zwiększały udział maślanów. Dawki powyżej 375 mg/d zwiększały pobranie suchej masy przez jałówki rasy holendersko-fryzyskiej, ograniczając metanogenezę.

Badacze z zespołu Hart i in. (2019) odnotowali korzystny wpływ mieszanki komercyjnych olejków eterycznych na wydajność krów mlecznych, a także zmniejszenie emisji metanu. W badaniu tureckim z 2011 r., oceniającym wpływ olejku tymiankowego (*Thymus vulgaris*), miętoowego (*Mentha piperita*) i pomarańczowego (*Citrus sinensis*) na fermentację w żwaczu, znaczny spadek produkcji metanu i CO<sub>2</sub> był proporcjonalny do wzrostu poziomu olejków eterycznych dodanych do dawki (Canbolat i in., 2011).

Również w badaniach Sinz i in. (2019) wykazano, że połączenie ekstraktów roślinnych, takich jak akacja (*Acacia mearnsii*), winorośl (*Vitis vinifera* L.) i wyciągi z zielonej herbaty (*Camellia sinensis*) doprowadziło do spadku produkcji *in vitro* metanu.

W badaniu przeprowadzonym przez Abdelrahmana i in. (2019) stwierdzono, że stosowanie olejku eukaliptusowego (*Eucalyptus globulus*) może zmniejszyć produkcję metanu w badaniach *in vitro* z płynem żwacza krów. Roca-Fernández i in. (2020) doszli do wniosku, że rośliny strączkowe zawierające skondensowane taniny również zmniejszają produkcję metanu, w porównaniu z dietą zawierającą tylko lucernę jako podstawową paszę objętościową.

Dobrze przebadana grupa związków roślinnych – saponin i tanin, pochodzących m.in. z juki (*Yucca schidigera*) i rośliny *Quillaja saponaria*, stosowane od lat jako dodatki paszowe, są potencjalnymi modyfikatorami żwacza i mogą również działać jako materiał zmniejszający produkcję metanu w jelitach.

Analiza wpływu źródeł bogatych w saponiny na produkcję metanu i parametry fermentacji w żwaczu, zbadana w doświadczeniach *in vitro*, wykazała, że dodanie źródeł bogatych w saponiny nie tylko zmniejszyło emisję metanu z żwacza, ale także zmniejszyło udział octanu i zwiększyło propionian (Jayanegar i in., 2014).



Również Mao i in. (2009) stwierdzili znaczną redukcję  $\text{CH}_4$  w grupie, która otrzymywała saponinę z herbaty w porównaniu z grupą kontrolną. Sugeruje się, że wpływ saponin na redukcję  $\text{CH}_4$  jest spowodowany redukcją liczby pierwotniaków lub metanogennych archeonów (Patra i Saxena, 2009).

## Inne, alternatywne substancje i dodatki paszowe

- Nanocząsteczki

Inną, skuteczną strategią redukcji metanu jelitowego, są funkcjonalne nanocząsteczki o zdolności absorpcji i dużej powierzchni właściwej. W badaniach wykazano, że takie materiały zwiększają także biodostępność składników pokarmowych pasz, zarówno organicznych, jak i nieorganicznych (Fujinawa i in. 2019, Abdelsalam i in., 2016). Zdolność nanocząstek do penetracji błon komórkowych jest ich główną cechą w interakcji z systemami biologicznymi. W ten sposób interakcja z układem odpornościowym, wchłanianie, dystrybucja i metabolizm są ułatwione biologicznie (Abdelsalam i in., 2016).

W badaniach japońskich Fujinawa i in. (2019) wykazali, że nanocząsteczki węgla specyficznie hamują metanogeny w środowisku beztlenowym. Potwierdzały to doświadczenia Jiang i in. (2020), którzy donieśli, że granulowany węgiel aktywny ma działanie hamujące na metan w warunkach beztlenowych. Na podstawie doświadczeń chińskiego zespołu Wang i in. (2019) stwierdzono, że dodanie tlenku magnezu zmniejszyło objętość produkcji gazu *in vitro* i procent molowy octanu, jednocześnie zwiększając procent molowy propionianu.

Tlenek magnezu poprawia model fermentacji w żwaczu poprzez zwiększenie wydajności syntezy masy drobnoustrojów. Ponadto Kazemi i Vantandoost (2020) wykazali, że tlenek magnezu zwiększa strawność materii organicznej i jej przyswajalność, poprzez zmniejszenie wydajności produkcji metanu.

Chen i in. (2011) zbadali wpływ różnych poziomów tlenku cynku ( $\text{nZnO}$ ) na fermentację w żwaczu i wykazali, że zastosowanie jego nanocząstek umożliwiło wzrost mikroorganizmów żwacza, poprawiło syntezę białek mikrobiologicznych i zwiększyło efektywność energetyczną pasz. Potwierdziły to wcześniejsze badania Maorong i in. (2008), że suplementacja miedzi zwiększa wzrost mikroorganizmów żwacza oraz stężenie niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych (PUFA, omega-3 i omega-6), które muszą być dostarczane wraz z paszami, ponieważ nie mogą być syntetyzowane przez zwierzęta.

- Wodorosty

Różne gatunki mikro- i makroalg były sprawdzane, jako dodatki paszowe w licznych badaniach (Anele i in., 2016, Brooke i in., 2020, Hristov i in., 2022, McCauley i in., 2020). Już w roku 2014, w badaniach Machado i in. (2014) zidentyfikowano aktywność redukującą metanogenezę czerwonych alg. Stwierdzono, że bromoform ( $\text{CHBr}_3$ ) jest najsilniejszą substancją czynną w algach, hamującą wywarzanie metanu.

W badaniu szwedzkiego zespołu (Ramin i in., 2019) sprawdzano dodatek *in vitro* białek z trzech gatunków wodorostów na pomiar gazów z inkubowanych próbek płynu żwaczowego. Stwierdzono, że wraz ze wzrostem poziomu frakcji glonu *Alaria esculenta* w dawce pokarmowej, produkcja metanu wykazywała liniowy spadek, co wskazywało na hamowanie aktywności drobnoustrojów wytwarzających metan.

Dodatkowo, wodorosty są źródłem składników pokarmowych – węglowodanów, białek, związków mineralnych oraz niezbędnych wielonienasyconych kwasów tłuszczowych, a ich dodatek do dawki pokarmowej dla bydła wpływa na profil fermentacji w żwaczu, poprawia bilans lotnych kwasów tłuszczowych, wykorzystanie składników pokarmowych dawki oraz skład mleka (Gao i in., 2017, Lee i in., 2017). Należy jednak podejmować dalsze badania, aby stwierdzić, jakie są długofalowe skutki stosowania wodorostów dla zwierząt oraz środowiska, głównie z uwagi na obecność bromoformu, heptachloru, zanieczyszczenia pestycydami czy wysokiej zawartości jodu. Według Min i in. (2021) istnieją również pewne obawy co do zrównoważonej produkcji wodorostów i ich potencjalnego negatywnego wpływu na strawność żwaczową i wpływ bromoformu na zdrowie przeżuwaczy oraz ludzi.

### Literatura:

Abbott D.W., Aasen I.M., Beauchemin K.A., Grondahl A., Gruninger R. 2020. Seaweed and Seaweed Bioactives for Mitigation of Enteric Methane: Challenges and Opportunities. *Animals* 2020, 10, 2432.

Abdelsalam E., Samer M., Attia Y.A., Abdel-Hadi M.A., Hassan H.E., Badr Y. 2016. Comparison of nanoparticles effects on gas and methane production from anaerobic digestion of cattle dung slurry. *Renew. Energy*. 2016, 87:592–598.

Abdelrahman S.M., Li R.H., Elnahr M., Farouk M.H., Lou Y. 2019. Effects of different levels of eucalyptus oil on methane production under *in vitro* conditions. *Pol. J. Environ. Stud.* 2019, 28:1031–1042.

Adegbeye M.J., Elghandour M.M., Monroy J.C., Abegunde T.O., Salem A.Z., Barbabosa-Pliego A., Faniy T.O. 2019. Potential influence of Yucca extract as feed additive on greenhouse gases emission for a cleaner livestock and aquaculture farming—A review. *J. Clean. Prod.* 2019, 239: 118074.

- Alvarez-Hess P.S., Moate P.J., Williams S.R.O., Jacobs J.L., Beauchemin K.A., Hannah M.C., Durmic Z., Eckard R.J. 2019. Effect of combining wheat grain with nitrate, fat or 3-nitrooxypropanol on in vitro methane production. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2019, 256: 114237.
- Anele U.Y., Yang W.Z., McGinn P.J., Tibbetts S.M., McAllister T.A. 2016. Ruminal in vitro gas production, dry matter digestibility, methane abatement potential, and fatty acid biohydrogenation of six species of microalgae. *Can. J. Anim. Sci.* 2016, 96: 354–363.
- Bekele W., Guinguina A., Zegeye A., Simachew A., Ramin M. 2022. Contemporary Methods of Measuring and Estimating Methane Emission from Ruminants. *Methane* 2022, 1, 82–95.
- Brooke Charles G., Roque Breanna M., Shaw C., Najafi N., Gonzalez M., Pfefferlen A., De Anda V., Ginsburg David W., Harden Maddelyn C., Nuzhdin Sergey V. 2020. Methane reduction potential of two pacific coast macroalgae during in vitro ruminant fermentation. *Front. Mar. Sci.* 2020, 7: 561.
- Chen J., Wang W., Wang Z. Effect of nano-zinc oxide supplementation on rumen fermentation in vitro. *Chin. J. Anim. Nutr.* 2011, 23: 1415–1421.
- Canbolat Ö., Kalkan H., Karaman Ş., Filya I. 2011. The effect of essential oils on the digestibility, rumen fermentation and microbial protein production. *Kafkas Üniv. Vet. Fak. Der.* 2011, 17: 557–565.
- Cusack D. F., Kazanski C. E., Hedgpeth A., Chow K., Cordeiro A. L., Karpman J., Ryals R. 2020. Reducing climate impacts of beef production: A synthesis of life cycle assessments across management systems and global regions. *Glob Change Biol.* 2021, 27: 1721–1736.
- De Gouw J.A., Veeffkind J.P., Roosenbrand E., Dix B., Lin J.C., Landgraf J., Levelt P.F. 2020. Daily Satellite Observations of Methane from Oil and Gas Production Regions in the United States. *Sci. Rep.* 2020, 10, 1379.
- Fandiño I., Ferret A., Calsamiglia S. 2020. Dose and combinations of anise oil and capsicum oleoresin as rumen fermentation modifiers in vitro and in vivo with high concentrate diets fed to Holstein beef heifers. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2020, 260: 114363.
- Fujinawa K., Nagoya M., Kouzuma A., Watanabe K. 2019. Conductive carbon nanoparticles inhibit methanogens and stabilize hydrogen production in microbial electrolysis cells. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2019, 103: 6385–6392.
- Gao S., Li C., Zhu L., Zhang Y., Zhang W., Song S., Liu H., Xu X., Qi H., Effects of dietary supplementation of seaweed (*Sargassum thunbergii*) on the performance, egg quality, and fatty acid composition of laying hens, *Journal of Applied Phycology*, 29(4), 2017, s. 2141-2149.
- Garnsworthy P.C., Difford G.F., Bell M.J., Bayat A., Huhtanen P. 2019. Comparison of Methods to Measure Methane for Use in Genetic Evaluation of Dairy Cattle. *Animals* 2019, 9, 837.
- Hart K.J., Jones H.G., Waddams K.E., Worgan H.J., Zweifel B., Newbold C.J. 2019. An essential oil blend decreases methane emissions and increases milk yield in dairy cows. *Open J. Anim. Sci.* 2019, 9:259.
- Herrero M., Henderson B., Havlík P., Thornton P. K., Conant R. T., Smith P., Wirsenius S., Hristov A. N., Gerber P., Gill M., Butterbach-Bahl K., Valin H., Garnett, T., Stehfest E. 2016. Greenhouse gas mitigation potentials in the livestock sector. *Nature Climate Change*, 6(5), 452– 461.
- Holtshausen L., Benchaar Ch., Kröbel R., Beauchemin K. B., 2021. Canola Meal versus Soybean Meal as Protein Supplements in the Diets of Lactating Dairy Cows Affects the Greenhouse Gas Intensity of Milk. *Animals* 2021, 11(6), 1636.

- Hristov A. N., Melgar A., Wasson D., Arndt C. 2022. Symposium review: Effective nutritional strategies to mitigate enteric methane in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, Volume 105, Issue 10, October 2022, 8543-8557
- Huws S.A., Creevey C.J., Oyama L.B., Mizrahi I., Denman S.E. 2018. **Addressing Global Ruminant Agricultural Challenges Through Understanding the Rumen Microbiome: Past, Present, and Future.** *Front. Microbiol.* 2018, 9, 2161.
- Jayanegara A., Wina E., Takahashi J. 2014. Meta-analysis on methane mitigating properties of saponin-rich sources in the rumen: Influence of addition levels and plant sources. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* 2014, 27: 1426.
- Jiang Q., Liu H., Zhang Y., Cui M.H., Fu B., Liu H.B. 2021. Insight into sludge anaerobic digestion with granular activated carbon addition: Methanogenic acceleration and methane reduction relief. *Bioresour. Technol.* 2021, 319: 124131.
- Kazemi M., Vatandoost M. 2019. The effect of different levels of magnesium oxide with high purity on digestion-fermentation characteristics and methane emissions of a high-concentrate diet in the in vitro batch culture. *J. Anim. Environ.* 2019, 11: 51–62
- Kim H., Lee H.G., Baek Y.C., Lee S., Seo J. 2020. The effects of dietary supplementation with 3-nitrooxypropanol on enteric methane emissions, rumen fermentation, and production performance in ruminants: A meta-analysis. *J. Anim. Sci. Technol.* 2020, 62:31–42.
- La H., Hettiaratchi J.P.A., Achari G., Hettiaratchi J.P., Achari G., Dunfield P.F. 2018. Biofiltration of methane. *Bioresour. Technol.* 2018, 268, 759–772.
- Lee S. H., Kang B. H., Kim Y.C., Kim K.H., Kwon O.S., Cho W.T., Kim J.S., Park K.K., Hong S.K., Kim S.K. 2017. Effect of dietary supplementation of *Ecklonia cava* on milk production, milk composition and methane emission in early lactating dairy cows, *Journal of Applied Phycology*, 29(4), 2017, s. 2141-2149.
- Machado L., Magnusson M., Paul N.A., de Nys R., Tomkins N. 2014. Effects of marine and freshwater macroalgae on in vitro total gas and methane production. *PLoS ONE.* 2014, 9: e85289
- Mao H.L., Wang J.K., Zhou Y.Y., Liu J.X. 2010. Effects of addition of tea saponins and soybean oil on methane production, fermentation and microbial population in the rumen of growing lambs. *Livest. Sci.* 2010, 129: 56–62.
- Maorong W., Fang M., Wenbin Y., Yingxiang H., Chaohua M., Feng W., Yao C. 2008. Influence of copper supplementation on nitrogen metabolism and volatile fatty acid production of mixed ruminal microbial growth in continuous culture flow-through fermentors. *Chin. Agric. Sci. Bullet* 2008, 24: 19
- McCauley J.I., Labeeuw L., Jaramillo-Madrid A.C., Nguyen L.N., Nghiem L.D., Chaves A.V., Ralph P.J. 2020. Management of enteric methanogenesis in ruminants by algal-derived feed additives. *Curr. Polut. Rep.* 2020, 6: 188–205.
- Min B.R., Parker D., Brauer D., Waldrip H., Lockard C., Hales K., Augyte S. 2021. The role of seaweed as a potential dietary supplementation for enteric methane mitigation in ruminants: Challenges and opportunities. *Anim. Nut.* 2021, 7: 1371–1387.
- Natel A.S., Abdalla A.L., Araujo R.C., McManus C., Paim T.P., Filho A.L.A., Louvandini P., Nazato C. 2019. Encapsulated nitrate replacing soybean meal changes in vitro ruminal fermentation and methane production in diets differing in concentrate to forage ratio. *Anim. Sci. J* 2019, 90: 1350–1361.
- Newbold C.J., De La Fuente G., Belanche A., Ramos-Morales E., McEwan N.R. 2015. The role of ciliate protozoa in the rumen. *Front. Microbiol.* 2015, 6:1313.

- Nkemka V.N., Beauchemin K.A., Hao X. 2019. Treatment of feces from beef cattle fed the enteric methane inhibitor 3-nitrooxypropanol. *Water. Sci. Technol.* 2019, 80: 437–447.
- Patra A.K., Yu Z. 2014. Combinations of nitrate, saponin, and sulfate additively reduce methane production by rumen cultures *in vitro* while not adversely affecting feed digestion, fermentation or microbial communities. *Bioresour. Technol.* 2014, 155: 129–135.
- Patra A.K., Min B.R., Saxena J. 2012. *Dietary Phytochemicals and Microbes*. Springer, Dordrecht, The Netherlands: 2012. Dietary tannins on microbial ecology of the gastrointestinal tract in ruminants, pp. 237–262.
- Patra A.K., Saxena J. The effect and mode of action of saponins on the microbial populations and fermentation in the rumen and ruminant production. *Nut. Res. Rev.* 2009, 22: 204–219.
- Pérez-Barbería F.J., Mayes R.W., Giráldez J., Sánchez-Pérez D. 2020. Ericaceous species reduce methane emissions in sheep and red deer: Respiration chamber measurements and predictions at the scale of European heathlands. *Sci. Total Environ.* 2020, 714: 136738.
- Ramin M., Franco M., Roleda M.Y., Aasen I.M., Hetta M., Steinshamn H. 2019. *In vitro* evaluation of utilizable crude protein and methane production for a diet in which grass silage was replaced by different levels and fractions of extracted seaweed proteins. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2019, 255: 114225.
- Rebello L.R., Luna I.C., Messana J.D., Araujo R.C., Simioni T.A., Granja-Salcedo Y.T., Vitoa E.S., Lee C., Teixeira I.A.M.A., Rooke J.A. 2019. Effect of replacing soybean meal with urea or encapsulated nitrate with or without elemental sulfur on nitrogen digestion and methane emissions in feedlot cattle. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2019, 257: 114293.
- Roca-Fernández A.I., Dillard S.L., Soder K.J. 2020. Ruminal fermentation and enteric methane production of legumes containing condensed tannins fed in continuous culture. *J. Dairy Sci.* 2020, 103: 7028–7038.
- Ruviaro C. F., de Leis C. M., Lampert V. D., Barcellos J. O. J., Dewes H. 2015. Carbon footprint in different beef production systems on a southern Brazilian farm: A case study *Journal of Cleaner Production*, 96, 435–443.
- Sasson G., Kruger Ben-Shabat S., Seroussi E., Doron-Faigenboim A., Shterzer N. 2017. Heritable Bovine Rumen Bacteria Are Phylogenetically Related and Correlated with the Cow's Capacity To Harvest Energy from Its Feed. *mBio* 2017, 8, e00703-17.
- Sinz S., Marquardt S., Soliva C.R., Braun U., Liesegang A., Kreuzer M. 2019. Phenolic plant extracts are additive in their effects against *in vitro* ruminal methane and ammonia formation. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* 2019, 32: 966.
- Sun H., Zhou S., Zhang J., Wang C. 2020. Year-to-year climate variability affects methane emission from paddy fields under irrigated conditions. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* 2020, 27, 14780–14789.
- Tiwari S., Singh C., Singh J.S. 2020. Wetlands: A major natural source responsible for methane emission. In *Restoration of Wetland Ecosystem, a Trajectory towards a Sustainable Environment*, Upadhyay, A.K., Ed., Springer: Singapore, 2020.
- Troy S.M., Duthie C.A., Hyslop J.J., Roehe R., Ross D.W., Wallace R.J., Rooke J.A. 2015. Effectiveness of nitrate addition and increased oil content as methane mitigation strategies for beef cattle fed two contrasting basal diets. *J. Anim. Sci.* 2015, 93: 1815–1823.
- Wang Z.-H., Wang L.-H., Liang H., Peng T., Xia G.-P., Zhang J., Zhao Q.-Z. 2021. Methane and nitrous oxide emission characteristics of high-yielding rice field. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* 2021, 28, 15021–15031.

Wang R., Si H.B., Wang M., Lin B., Deng J.P., Tan L.W., Tan Z.L. 2019. Effects of elemental magnesium and magnesium oxide on hydrogen, methane and volatile fatty acids production in in vitro rumen batch cultures. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2019, 252: 74–82.

Vafi K., Rafiq T., Biraud S., Thorpe A., Duren R., Hopkins F.M. 2021. Methane super emitters in California oil fields. *Res. Sq.* 2021, 1–31.

Zhenming Z., Meng Q., Yu Z. Effects of methanogenic inhibitors on methane production and abundances of methanogens and cellulolytic bacteria in in vitro ruminal cultures. 2011. *Appl. Environ. Microbiol.* 2011, 77: 2634

Zhou R., Wu J., Lang X., Liu L., Casper D.P., Wang C., Zhang L., Wei S. 2020. Effects of oregano essential oil on in vitro ruminal fermentation, methane production, and ruminal microbial community. *J. Dairy Sci.* 2020, 103: 2303–2314.

---

Wydawca: Dolnośląski Ośrodek Doradztwa Rolniczego  
53-033 Wrocław,  
ul. Zwycięska 8,  
tel. 71 339 80 21

Redakcja: Agnieszka Siegel,  
Dział Metodyki Doradztwa, Szkoleń i Wydawnictw, DODR

Korekta: Agnieszka Siegel, Ewa Kutkowska, Izabela Liskowiak-Jaremko,  
Dział Metodyki Doradztwa, Szkoleń i Wydawnictw, DODR

Opracowanie graficzne i skład: Ewa Kutkowska,  
Dział Metodyki Doradztwa, Szkoleń i Wydawnictw, DODR

Zdjęcia: DODR

Nakład: 1000 sztuk

Dolnośląski Ośrodek Doradztwa Rolniczego we Wrocławiu  
ul. Zwycięska 8, 53-033 Wrocław  
centrala: 71 339 80 21 (22), sekretariat: tel. 71 339 86 56  
faks 71 339 79 12  
e-mail: sekretariat@dodr.pl

---

**Wrocław 2023**