



Raport końcowy

Wyniki badań i rezultaty projektu „Stworzenie ulepszonej innowacji produktowej w zakresie produkcji i stosowania surowców roślinnych o aktywności proteolitycznej i enzymatycznej w żywieniu zwierząt” w ramach grupy operacyjnej
FeedImproved



Skład grupy operacyjnej:

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Gospodarstwo Rolne: Łukasz Czech

Gospodarstwo Rolne: Iwona-Czech Kapała

Numer umowy: 00093.DDD.6509.00305.2022.03



Spis treści:

Spis treści

1. Wstęp	4
2. Organizacja projektu	10
2.1 Konsorcjanci	10
2.2 Chlewnie, w których prowadzono badania	11
2.3 Środowisko chlewni	13
2.4 Odniesienie ekonomiczne i potrzeby ekonomiczne	19
3. Wyniki badań	24
3.1 Zbiornicze podsumowanie grup	25
3.2 Mieszanki paszowe z fitazą i emulgatorem	37
3.3 Mieszanki paszowe z oregano, tymiankiem, bazylią i majerankiem	41
3.4 Mieszanki paszowe z czosnkiem, pokrzywą, ostropestem i majerankiem	45
3.5 Mieszanka paszowa z dodatkiem glicynianów	48
3.6 Mieszanki paszowe z dodatkiem kielków oraz ziół	51
3.7 Mieszanki paszowe z dodatkiem probiotycznym	55
3.7 Mieszanki paszowe z mąką winogron i z kurkumą	59
3.8 Mieszanki paszowe w ostatnim etapie	65
4. Wyniki badań na myszach	69
5. Podsumowanie innowacji	81
6. Dyskusja z wynikami naukowymi w literaturze	86
7. Rekomendacje dalszych działań i wnioski	88



1. Wstęp

Współczesne rolnictwo staje w obliczu rosnącej presji dotyczącej poprawy efektywności produkcji przy jednoczesnym ograniczaniu niekorzystnego wpływu na środowisko. Intensyfikacja chowu zwierząt, a szczególnie trzody chlewnej, wiąże się z rosnącą emisją gazów cieplarnianych oraz skażeniem gleby azotem i fosforem. W tym kontekście istotnym wyzwaniem staje się konieczność poszukiwania rozwiązań umożliwiających poprawę wykorzystania przez zwierzęta składników pokarmowych zawartych w paszy, ograniczeniu ich strat do środowiska przy zachowaniu wysokiej wydajności produkcyjnej.

Optymalizacja składu mieszanek paszowych, z uwzględnieniem dodatków naturalnych o wysokiej wartości enzymatycznej, stanowi odpowiedź na problem niższej przyswajalności białka oraz nadmiernych strat składników pokarmowych wydalanych przez zwierzęta. Wprowadzenie do paszy dodatków roślinnych o aktywności proteolitycznej, może przyczynić się do poprawy strawności białka, ograniczenia emisji związków azotu oraz zwiększenia wartości odżywczej produktów pochodzenia zwierzęcego.

Projekt FeedImproved powstał w odpowiedzi na potrzebę unowocześnienia praktyk żywieniowych w chowie trzody chlewnej. Stanowił on przykład nowoczesnego podejścia do optymalizacji produkcji rolnej, którego celem było nie tylko zwiększenie efektywności tuczu, ale również poprawa stanu środowiska poprzez ograniczenie emisji gazów cieplarnianych oraz racjonalne zarządzanie zasobami naturalnymi, w tym paszami białkowymi. W publikacjach naukowych oraz dokumentach programowych Unii Europejskiej wskazuje się, że kluczowym kierunkiem rozwoju jest ograniczenie stosowania w mieszankach pełnoporcjowych importowanej poekstrakcyjnej śruty sojowej oraz zmniejszenie uzależnienia produkcji paszowej od komponentów syntetycznych.

W niniejszym opracowaniu prezentowane są wyniki badań projektu „Stworzenie ulepszonej innowacji produktowej w zakresie produkcji i stosowania surowców roślinnych o aktywności proteolitycznej i enzymatycznej w żywieniu zwierząt”. Projekt realizowany był w okresie 01.01.2023 - 30.04.2025 przez konsorcjum składające się z rolników - producentów trzody chlewnej oraz Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego.

Celem głównym operacji było wytworzenie innowacji produktowych w zakresie żywienia trzody chlewnej, które pozwolą na zwiększenie efektywności produkcji, ograniczenie wpływu na środowisko oraz poprawę ekonomiki gospodarstw rolnych.

Cele szczegółowe operacji obejmowały:

- wytworzenie mieszanek paszowych z dodatkiem fermentowanych i liofilizowanych kiełków roślin o aktywności enzymów proteolitycznych,



- zbadanie skuteczności działania dodatku paszowego w różnych wariantach mieszanek paszowych,
- określenie wpływu stosowania innowacyjnych pasz na efektywność tuczną (przyrosty masy ciała i konwersję paszy) i rzeźną świń (mięśność),
- analiza wpływu skarmiania innowacyjnych pasz na warunki środowiskowe w chlewni;

Innowacje, będące przedmiotem zrealizowanej operacji posiadają szereg cech pozwalających na ich wyróżnienie i na określenie atrybutów świadczących o ich wyraźnie ulepszonym lub nowym charakterze.

W ramach projektu założono wytworzenie jednej ulepszonej innowacji produktowej – ulepszonej mieszanki paszowej, która pozwoliłaby polepszyć jakość środowiska bytowania zwierząt, poprawić wykorzystanie paszy oraz ułatwić prowadzenie produkcji zwierzęcej.

Cele projektowe osadzone są silnie w potrzebach rynkowych polskich gospodarstw rolnych. W ramach projektu zastosowano dodatki paszowe pochodzenia roślinnego, które mogą mieć znaczący wpływ na rozkład białka sprzyjając poprawie jego przyswajalności, co może dawać pozytywne rezultaty zwłaszcza w żywieniu młodych, rosnących świń. W sytuacji wysokich cen surowców białkowych i zbóż stosowanie w paszy roślinnych dodatków wykazujących aktywność proteolityczną może zwiększyć opłacalność chowu (Hanczakowska i Koczywas, 2008). Wiadomo, że długotrwałe stosowanie nawet małych dawek antybiotyków powoduje powstawanie odporności u bakterii. Dlatego od 01.01.2006 r. wprowadzono w UE zakaz stosowania antybiotykowych stymulatorów wzrostu w żywieniu zwierząt rzeźnych (regulacja UE1831/2003). Wymaga to radykalnych zmian w programach żywienia zwierząt, które muszą uwzględniać wytworzenie i utrzymanie naturalnej odporności oraz stabilizację korzystniej mikrobioty przewodu pokarmowego. Jest to możliwe poprzez stosowanie określonych surowców i dodatków paszowych oraz modyfikację poziomu niektórych składników pokarmowych. Wymusza to na hodowcach/producentach żywca wieprzowego, doradcach poszukiwanie naturalnych i bezpiecznych dodatków, które można wykorzystać w celu optymalizacji składu mikrobioty przewodu pokarmowego, osiągając tym samym wyższe współczynniki strawności składników pokarmowych paszy, co przełoży się na wyższą produktywność zwierząt i opłacalność produkcji. Wielu rolników interesuje uzyskiwanie produktów pochodzenia zwierzęcego o wysokiej jakości, które będą atrakcyjne dla konsumentów ze względu na swoją wartość odżywczą, dietetyczną i prozdrowotną jako produkty żywnościowe premium (Księżak i in., 2010). Wyniki wielu badań wskazują na możliwość zwiększenia produkcji mleka i masy ciała, przy stosowaniu dodatków



enzymatycznych do paszy. Badania niektórych autorów wskazują, że dodatki preparatów enzymatycznych stymulują mikroorganizmy żwacza do zwiększonej syntezy białka, rozkładu włókna, mobilności w wykorzystaniu lotnych kwasów tłuszczowych (LKT) przy jednoczesnym zmniejszeniu produkcji amoniaku i metanu oraz koncentracji mleczanów. Stosowanie w żywieniu drobiu dodatków enzymów jest bezpieczne, gdyż ulegają one, podobnie jak enzymy pochodzenia endogennego, rozłożeniu w jelicie cienkim. W związku z tym przedawkowanie preparatów enzymatycznych nie stanowi zagrożenia dla zdrowia ptaków, nie pozostawiają one żadnych szkodliwych produktów rozkładu i można je stosować do końca okresu odchowu (Makała, 2022). Niska aktywność enzymatyczna w przewodzie pokarmowym młodych świń powoduje słabe trawienie i przemianę składników paszy, które stają się pożywką dla rozwoju bakterii chorobotwórczych w jelitach i wywołują biegunkę. Enzymy działające w świetle przewodu pokarmowego nie zakłócają działania narządów wewnętrznych (Radzikowski i Milczarek, 2021). Prawidłowo dobrane enzymy paszowe dodawane do diety świń mogą znacznie obniżyć koszty produkcji i pozwolić na wykorzystanie nawet słabo strawionych surowców. Podstawowym składnikiem paszy dla każdej grupy technologicznej trzody chlewnej są zboża (często jęczmień) charakteryzujące się wysoką zawartością polisacharydów nieskrobiowych. Dodatek do paszy dla prosiąt enzymów takich jak ksylanaza i beta-glukanaza zwiększył przyrostyienne masy ciała i wykorzystanie paszy (Hanczakowska i in., 2006). Zdaniem Min i in. (2019) dodatek proteazy do diety dla prosiąt poprawił ich dobowe przyrosty masy ciała średnio o 44 g i FCR o 0,018 kg. Guggenbuhl i in. (2007) wykazali, że fitaza dodana do diety tuczników znacznie zwiększyła strawność fosforu i zmniejszyła jego wydalanie z kałem, poprawiła się również strawność wapnia. Stosowanie fitazy może przyczynić się do obniżenia kosztów produkcji paszy poprzez zmniejszenie liczby dodatków wapnia i fosforu stosowanych w dawkach pokarmowych dla świń.

W produkcji zwierzęcej stosowano różne substancje i preparaty mające na celu ograniczenie uwalniania lub wiązanie powstałego już amoniaku, takie jak formaldehyd, wapno palone, superfosfat, kwas fosforowy, preparaty fungistatyczne. Środki te dodawano bezpośrednio do odchodów lub ściółki, jednak ich skuteczność była bardzo różna, a konieczność transportu i mieszania ze ściółką często ograniczały zakres ich stosowania. Poza tym substancje te nie zawsze były neutralne dla zdrowia zwierząt i środowiska. Poszukiwano środków o naturalnym podłożu, które mogłyby zastąpić substancje chemiczne (Księżak i in., 2010). Stosowanie dodatków paszowych, które pełnią funkcję jonoforów, można także



redukować emisję gazów cieplarnianych. Poprawiając efektywność wykorzystywania paszy można ograniczyć emisję metanu (Mathison i in., 1998).

W diecie źródłem proteinaz, czyli enzymów hydrolizujących białka do peptydów i aminokwasów, są świeże owoce i warzywa (np. papaja, ananas), ale ograniczeniem ich stosowania jest sezonowość upraw, dostępność i cena. Produkt MEGenzymes bazuje na suszonych w niskich temperaturach surowcach roślinnych o wysokiej aktywności proteolitycznej i odpowiada na najpilniejsze potrzeby związane z zaburzeniami żywienia, w tym wchłaniania oraz wspiera efektywne wykorzystanie przez organizm produktów metabolizmu. Dostępne na rynku potencjalnie wykorzystywane produkty proteaz egzogennych to enzymy pochodzenia drobnoustrojowego, pozyskane z *Aspergillus oryzae* lub *Bacillus licheniformis*.

Intensywny chów zwierząt powoduje wiele zagrożeń dla środowiska, w tym także emisję związków złoonych do powietrza. Źródłem ich są odchody zwierząt i proces enzymatyczno-mikrobiologicznej mineralizacji związków organicznych. Emisja szkodliwych gazów takich jak amoniak, metan, podtlenek azotu, dwutlenek węgla, siarkowodór oraz odory następuje przez uwalnianie ich do atmosfery podczas składowania odchodów, po ich aplikacji do gleby oraz z chlewni na skutek bezpośrednich emisji z układu pokarmowego zwierząt. Udział rolnictwa w całkowitej emisji gazów cieplarnianych (GHG) wynosi w UE około 10%, natomiast w Polsce jest źródłem około 8% całkowitej emisji gazów cieplarnianych, w tym głównie tlenku azotu (77,6%) oraz metanu (29,6%) i zaledwie 0,32% CO₂ (Krajewski i in., 2021). Zdaniem Marszałek i in. (2011) wydzielanie gazów po zastosowaniu gnojowicy do gleby stanowi 40% całkowitej emisji GHG z gospodarstwa, natomiast Krajewski i in. (2021) podają, że głównym źródłem emisji GHG jest fermentacja jelitowa przeżuwaczy i emisja z odchodów zwierzęcych. Skład gnojowicy zależy od przyjętej technologii produkcji, gatunku i wieku zwierząt, sposobu żywienia, ilości stosowanej wody. Na poziom amoniaku w pomieszczeniach inwentarskich wpływa koncentracja zwierząt, zawartość białka w paszy oraz system wentylacji. Prawidłowe nawożenie gnojowicą jest ważne z powodu wysokiej emisji odorów, podtlenku azotu i metanu z odchodów zwierzęcych oraz podtlenku azotu z nawozów mineralnych stosowanych w uprawach roślin paszowych. Zagospodarowanie gnojowicy jest limitowane przez szereg przepisów prawnych.

Zmniejszenie negatywnego wpływu produkcji zwierzęcej na środowisko wymaga prawidłowego zbilansowania dawki pokarmowej, a składniki odżywcze w niej zawarte muszą pokryć zapotrzebowanie zwierząt na każdy z nich. Konieczna jest dokładna ocena jakości



surowców paszowych i strawności poszczególnych składników pokarmowych. Wzrost światowej populacji ludzi i związane z tym stale rosnące spożycie żywności, w tym mięsa i jego produktów generuje coraz większe zanieczyszczenie środowiska, co zdaniem specjalistów prowadzi do globalnego ocieplenia. Należy jednak pamiętać, że spożywanie mięsa jest w wielu rejonach świata oznaką prestiżu, zwłaszcza w krajach o niskiej stopie życiowej, gdzie mięso i jego przetwory są wciąż uważane za towar luksusowy. Wzrost zasobności portfela skutkuje zwiększonym zakupem żywności, do tej pory nieosiągalnej. Ponieważ ten trend będzie się nadal utrzymywał, należy zwiększyć wydajność zwierząt poprzez m.in. poprawę wykorzystania paszy.

Celem projektu było wytworzenia ulepszonej innowacji produktowej - wytworzenie mieszanek paszowych zawierających dodatki paszowe roślinnego pochodzenia o wysokiej aktywności proteolitycznej i enzymatycznej, co korzystnie wpłynie na przyswajalność białka (najdroższy komponent paszowy) i poprawi wynik ekonomiczny oraz pozytywny wpływ na środowisko.

Hipoteza badawcza, że ulepszone mieszanki zastosowane w żywieniu tuczników powodują większe przyrosty masy ciała świń i/lub wyższy wskaźnik konwersji paszy w porównaniu do pasz komercyjnych dostępnych na krajowym rynku – została zweryfikowana na podstawie przeprowadzonych badań z uwzględnieniem żywieniowej grupy kontrolnej. W ramach różnych układów żywieniowych została określona optymalna zawartość innowacyjnego dodatku paszowego, którego zadaniem była poprawa przyswajalności białka, strawności paszy, poprawa mikrobioty przewodu pokarmowego młodych rosnących świń, a w konsekwencji zwiększenie dobowych przyrostów masy ciała.

Zbadanie skuteczności stosowania różnych poziomów dodatku paszowego opartego na surowcach roślinnych o wysokiej aktywności proteolitycznej i enzymatycznej pozwoli na ustalenie optymalnej dawki suplementu do zastosowania w mieszankach paszowych przy uwzględnieniu przesłanek ekonomicznych. Na podstawie badań wstępnych wytypowano różne mieszanki paszowe. W badaniach zaplanowano wykorzystanie następujących dodatków paszowych: bazylia, tymianek, kurkuma, fermentowane kielki, ostropest i pokrzywa oraz inne surowce o ile będą dostępne na rynku. Wyniki badań mogą przyczynić się do znacznego wzrostu konkurencyjności i rentowności gospodarstw rolnych poprzez lepsze wykorzystanie białka w paszach, a w konsekwencji obniżenie kosztów jego zakupu, co przy obecnych cenach pasz białkowych przekłada się na wysokość kosztów ponoszonych w produkcji zwierzęcej.



W ramach innowacji został zbadany wpływ stosowanych dodatków na warunki środowiskowe w chlewni powiązane z metabolizmem i metabolitami zwierząt.

Główną korzyścią wynikającą z realizacji projektu jest udoskonalenie w stosowaniu surowców roślinnych o wysokiej aktywności proteolitycznej i enzymatycznej w żywieniu zwierząt oraz możliwość wykorzystania innowacyjnego dodatku paszowego w mieszankach paszowych, co może przynieść korzyści ekonomiczne i środowiskowe.



2. Organizacja projektu

2.1 Konsorcjanci

Projekt został uruchomiony wraz informacją o liście zakwalifikowanych projektów, znacznie przed podpisaniem umowy z ARIMR. Dzięki temu możliwe było zrealizowanie projektu w założonym zakresie oraz czasie.

Projekt opierał się na 3 konsorcjantach: Szkole Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie – Instytut Nauk o Zwierzętach, gospodarstwie rolnym Łukasz Czech oraz gospodarstwie rolnym Czech-Kapała. Prace po stronie Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego koordynowała dr hab. Martyna Batorska.

Obydwa Gospodarstwa Rolne znajdują się w miejscowości Królewski Dwór oraz posiadają podobną infrastrukturę służącą do produkcji rolnej.

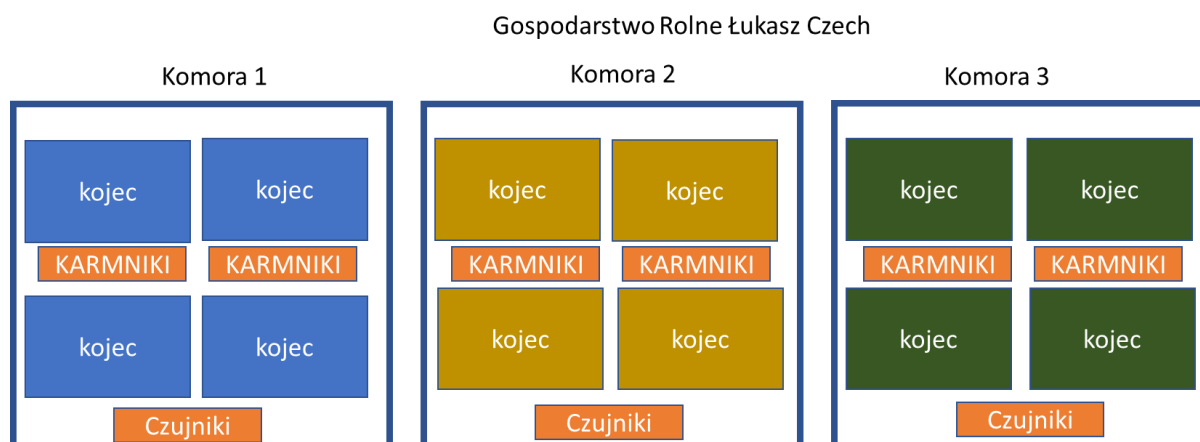
Instytut Nauk o Zwierzętach Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie to jedna z najbardziej renomowanych jednostek naukowych w Polsce, wyspecjalizowana w badaniach nad chowem i hodowlą zwierząt, żywieniem, dobrostanem oraz oddziaływaniem produkcji zwierzęcej na środowisko. Instytut od wielu lat angażuje się w krajowe i międzynarodowe projekty badawcze i wdrożeniowe, a jego kadra łączy kompetencje akademickie z praktycznym doświadczeniem w pracy z gospodarstwami rolnymi. Dzięki temu Instytut pełnił w projekcie FeedImproved rolę kluczowego partnera naukowego, zapewniającego nie tylko wsparcie eksperckie, ale także wysoki poziom organizacji i metodologii badań terenowych

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, której częścią jest Instytut, to najstarsza i najbardziej uznana uczelnia rolnicza w Polsce, działająca nieprzerwanie od 1816 roku. Jej ponad 200-letnie doświadczenie w naukach rolniczych, hodowlanych i środowiskowych stanowiło fundament merytoryczny projektu. Wsparcie instytucjonalne i kompetencyjne tak silnego partnera pozwoliło nie tylko na sprawną realizację operacji w wymagającym harmonogramie, ale również zredukowało ryzyko związane z ograniczeniami wiedzy technicznej po stronie gospodarstw rolnych. Dla wielu uczestników projektu, szczególnie rolników-praktyków, możliwość pracy w bezpośrednim kontakcie z jednostką naukową o tak ugruntowanej pozycji była wartością dodaną – podnoszącą poziom wdrożenia, wiarygodność uzyskanych wyników oraz ich potencjał do dalszego upowszechniania w praktyce.



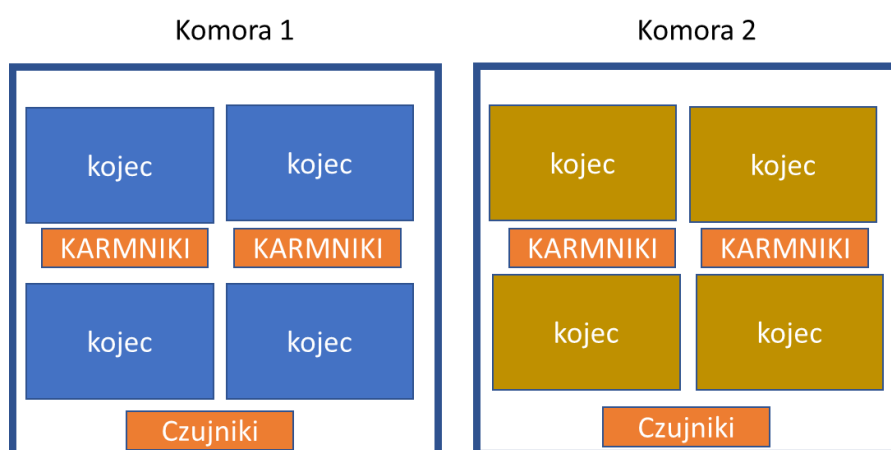
2.2 Chlewnie, w których prowadzono badania

W Gospodarstwie Rolnym Łukasz Czech produkcja trzody chlewnej podzielona jest na 3 komory po 4 kojce każda.



Grafika 1. Schemat doświadczenia w Gospodarstwie Rolnym Łukasz Czech (opracowanie własne)

W każdej z komór umieszczono czujniki CO₂ oraz NH₃ automatycznie zapisujące poziom obu gazów w pomieszczeniach. Każda z komór posiada osobną wentylację. Taki podział komór pozwalał na precyzyjne dozowanie różnych mieszanek paszowych wraz z testowaniem ich wpływu na wyniki produkcyjne i środowiskowe, jednak często wymagał dodatkowego nakładu pracy ze względu na konieczność ręcznego transportowania paszy do konkretnego karmnika znajdującego się między kojcami.



Grafika 2. Schemat doświadczenia w Gospodarstwie Rolnym Iwona Czech-Kapala (opracowanie własne).



Obydwa gospodarstwa posiadały system żywienia na sucho oraz prowadzenia tuczu świń na rusztach, a pomieszczenia wyposażono w aktywną wentylację. Dzięki temu można było sprawnie przeprowadzić badania w zakresie produkcji trzody chlewnej stosując różnorodne dodatki paszowe, prowadzić obserwacje i gromadzić pomiary w trakcie trwania tuczu celem uzyskania jak najbardziej korzystnych wyników ekonomicznych.

Prowadzenie badań nad żywieniem trzody chlewnej w warunkach odpowiadających dominującemu w Polsce systemowi produkcji, jakim jest chów na rusztach przy żywieniu na sucho, ma kluczowe znaczenie dla możliwości praktycznego wykorzystania uzyskanych wyników. Zgodnie z danymi branżowymi i statystykami produkcji świń w Polsce, większość chlewni działa prowadząc chów świń na rusztach oraz systemy zadawania paszy w formie suchej. Ten model chowu jest powszechny zarówno w dużych gospodarstwach towarowych o znacznej koncentracji zwierząt w budynkach, jak i w średniej wielkości fermach rodzinnych. Właśnie dlatego realizacja badań projektowych w warunkach, które realistycznie odzwierciedlają standardy technologiczne polskich gospodarstw, gwarantuje większą przydatność, powtarzalność i wiarygodność uzyskanych wyników.

Żywienie na sucho, polegające na podawaniu świnom pełnoporcjowej mieszanki paszowej jest najczęściej stosowaną metodę żywienia w kraju, zarówno ze względów ekonomicznych, jak i technologicznych. Testowanie innowacyjnych mieszanek paszowych w takich właśnie warunkach pozwala na uzyskanie danych, które są bezpośrednio porównywalne z rzeczywistością gospodarczą, co z kolei otwiera drogę do łatwego transferu wiedzy do praktyki. Wytwórnice pasz obsługujące gospodarstwa utrzymujące trzodę chlewną na rusztach mogą z dużą precyzją skalować i wdrażać opracowane receptury mieszanek paszowych, ponieważ parametry zadawania, strawność, konwersja paszy oraz wpływ na emisję zanieczyszczeń w gnojownicy odpowiadają warunkom, które znają z codziennej współpracy z klientami.

Z tego względu wybór gospodarstw referencyjnych w projekcie FeedImproved – wyposażonych w system rusztowy oraz technologię żywienia na sucho – był działaniem celowym i uzasadnionym z punktu widzenia potencjału wdrożeniowego. Taki dobór środowiska badawczego zwiększa nie tylko trafność wyników w kontekście zootechnicznym i środowiskowym, ale również znacznie skraca drogę od innowacji do praktycznego zastosowania w skali komercyjnej. Oznacza to, że efekty projektu nie będą ograniczone do poziomu pilotażowego, lecz mogą stanowić gotowy model do adaptacji przez firmy paszowe i doradców żywieniowych współpracujących z gospodarstwami w całym kraju.



2.3 Środowisko chlewni

Jednym z istotnych obszarów badawczych w projekcie FeedImproved był monitoring jakości powietrza w chlewniach, stanowiący ważne uzupełnienie analizy wpływu innowacyjnych mieszanek paszowych na dobrostan zwierząt oraz środowisko produkcyjne. Zagadnienie to nabiera szczególnego znaczenia w kontekście współczesnych wyzwań związanych z ograniczaniem emisji gazów cieplarnianych i poprawą warunków zoohigienicznych w budynkach inwentarskich. W ramach projektu zastosowano zarówno elektroniczne czujniki środowiskowe, jak i ręczne detektory pomiarowe, co pozwoliło na porównanie metodologii oraz uzyskanie danych w sposób ciągły i punktowy.

Działanie czujników (zdjęcie 1) opierało się na technologii elektrochemicznej umożliwiając pomiar stężenia podstawowych gazów szkodliwych: dwutlenku węgla (CO_2) oraz amoniaku (NH_3). Wyniki pomiarów wyrażano w wartościach ppm (parts per million), dzięki czemu możliwe było precyzyjne określenie ich koncentracji w powietrzu w różnych lokalizacjach chlewni i momentach cyklu produkcyjnego.

W toku realizacji projektu zaobserwowano znaczące zróżnicowanie składu powietrza, zarówno pomiędzy poszczególnymi komorami badawczymi, jak i w obrębie tych samych komór w różnych dniach i godzinach. Czynniki takie jak system wentylacji, stopień napełnienia komory, lokalizacja czujnika, ale także poziom gnojowicy pod rusztami oraz warunki pogodowe (temperatura, wilgotność) wywierały istotny wpływ na rejestrowane wartości stężeń gazów. W związku z tym, że zastosowane w badaniach mieszanki paszowe w wielu przypadkach wykazywały korzystny wpływ na ograniczenie emisji (szczególnie amoniaku), zespół projektowy przyjął ostrożne podejście interpretacyjne do relacji przyczynowo-skutkowych pomiędzy składem paszy a jakością powietrza. Wynika to z faktu, że warunki środowiskowe w chlewniach są dynamiczne i wieloczynnikowe, a wpływ dodatków paszowych może być modulowany przez wiele zmiennych zewnętrznych.

Niemniej jednak, dzięki systematycznemu zbieraniu danych i analizie porównawczej, projekt przyczynił się do poszerzenia wiedzy dotyczącej monitoringu środowiskowego w chlewniach. Zaobserwowano, że powietrze w komorach testowych, w których stosowano pasze z dodatkami roślinnymi o właściwościach enzymatycznych, często charakteryzowały się niższym stężeniem amoniaku niż w komorach grup kontrolnych. Zebrane dane mogą w przyszłości posłużyć jako punkt wyjścia do budowy bardziej zaawansowanych modeli predykcyjnych łączących żywienie zwierząt z parametrami emisji. Dodatkową wartością projektu było przetestowanie praktycznego zastosowania niedrogich, półautomatycznych

systemów pomiarowych, które mogą być z powodzeniem wdrażane również w mniejszych gospodarstwach. Pokazuje to, że badania środowiskowe w sektorze trzody chlewnej nie muszą być domeną jedynie dużych ferm i laboratoriów, ale mogą być zintegrowane z codzienną praktyką zarządzania produkcją i działaniami zmierzającymi do poprawy dobrostanu.



Zdjęcie 1. Wnętrze czujnika do pomiaru warunków środowiskowych w chlewni (Czech, 2023).

Zastosowanie elektronicznych czujników środowiskowych w doświadczeniach żywieniowych w tuczu świń stanowi nowatorskie podejście badawcze, które dotychczas rzadko pojawiało się w literaturze naukowej i praktyce. Analiza wpływu różnych wariantów mieszanek paszowych na jakość powietrza w chlewni — poprzez ciągły pomiar stężeń gazów takich jak amoniak (NH_3) czy dwutlenek węgla (CO_2) — pozwala na uzyskanie cennych danych, łączących aspekty żywieniowe ze środowiskowymi. Dotychczas w badaniach z zakresu zootechniki koncentrowano się głównie na efektach produkcyjnych, takich jak przyrosty masy ciała, konwersja paszy czy ocena statusu zdrowotnego zwierząt, natomiast wpływ na jakość powietrza i emisję odorów był najczęściej pomijany lub szacowany pośrednio. W projekcie FeedImproved ten element został potraktowany priorytetowo, co wpisuje się w nowe kierunki badań zgodne z założeniami rolnictwa zrównoważonego oraz



rosnącymi wymogami Wspólnej Polityki Rolnej 2023–2027, w tym zasadami architektury zielonej (Green Architecture).

Dla wielu rolników prowadzących produkcję zwierzęcą emisja odorów i gazów cieplarnianych staje się źródłem niepokoju. Obawy te są uzasadnione – coraz częściej pojawiają się regulacje lokalne i krajowe ograniczające możliwość rozwoju lub nawet kontynuacji działalności fermowej w obszarach o wysokim zagęszczeniu zabudowy lub szczególnej ochronie środowiskowej. Możliwość obiektywnego monitorowania jakości powietrza i wykazywania pozytywnego wpływu zastosowanych praktyk żywieniowych lub technologicznych (np. dodatków paszowych, zarządzania gnojowicą) może w przyszłości stanowić istotny argument w procesie uzyskiwania zezwoleń środowiskowych, a nawet w ubieganiu się o wsparcie finansowe w ramach interwencji środowiskowo-klimatycznych. Projekt FeedImproved pokazuje, że integracja technologii czujnikowych z badaniami paszowymi otwiera nowy, praktyczny kierunek rozwoju rolnictwa – zorientowany nie tylko na produkcję, ale także na odpowiedzialność środowiskową.



Zdjęcie 2. Czujnik składu powietrza po roku użytkowania (Czech, 2023).

Jednym z praktycznych wyzwań związanych z prowadzeniem pomiarów środowiskowych w budynkach inwentarskich była trudna specyfika środowiska chlewni, w szczególności wysoka wilgotność powietrza, obecność amoniaku oraz podwyższone stężenie



dwutlenku węgla. Parametry te mają bezpośredni wpływ na zdrowie zwierząt, ale także na awaryjność i żywotność czujników badawczych, zwłaszcza przy dłuższym okresie ekspozycji i w warunkach intensywnej produkcji. W trakcie trwania projektu konieczne było regularne serwisowanie i czyszczenie sprzętu, a także ostrożna eksploatacja urządzeń pomiarowych, szczególnie po myciu kojców lub dezynfekcji pomieszczeń (zdjęcie 2). W niektórych przypadkach zdarzały się dni, w których czujniki nie rejestrowały pełnych danych lub przysyłały je z opóźnieniem, co wynikało m.in. z potrzeby ochrony sprzętu przed uszkodzeniem lub przerw w jego działaniu po czyszczeniu.

Warto jednak podkreślić, że tego typu ograniczenia są typowe dla pomiarów prowadzonych w warunkach rzeczywistej produkcji zwierzęcej i nie wpłynęły w istotny sposób na wiarygodność ani ogólną jakość zebranych danych.



Zdjęcie 3. Montaż elementów związanych z wymianą powietrza (Czech, 2023).

Dla uzyskania rzetelnych danych, zdecydowano się na zastosowanie zintegrowanego systemu anemometrycznego, w którym anemometry podłączono bezpośrednio do układu rejestrującego dane o składzie powietrza. Taka integracja pozwalała nie tylko mierzyć aktualne stężenia gazów, ale także odnieść je do faktycznego poziomu wymiany powietrza, co umożliwiło ocenę skuteczności wentylacji i jej wpływu na poprawę parametrów środowiskowych.



Anemometry zostały zainstalowane na wlocie powietrza do wentylatora wyciągowego, co wynikało z wcześniejszych analiz wykonanych za pomocą ręcznych anemometrów wiatraczkowych. Testy terenowe przeprowadzone przed montażem czujników wykazały, że wlot do wentylatora jest najbardziej reprezentatywnym punktem pomiarowym, pozwalającym na uzyskanie stabilnych i powtarzalnych odczytów prędkości przepływu. Wynika to z faktu, że wlot powietrza do wentylatora charakteryzuje się stałym przekrojem geometrycznym, a jego konstrukcja ogranicza zjawisko dynamicznych zmian kierunku i prędkości przepływu, co często występuje przy wylocie z wentylatora, gdzie powietrze ulega zawirowaniom.

Zjawisko to można porównać do działania domowego wentylatora lub wiatraka – za wentylatorem przepływ powietrza ma bardziej liniowy i jednorodny charakter, natomiast z przodu urządzenia powietrze napływa z różną prędkością w zależności od punktu: jest najszybsze w centrum i słabsze na obwodzie. W przypadku chlewni z dynamicznie działającymi klapami regulacyjnymi i zmiennym zapotrzebowaniem na wentylację, istotne było zatem umiejscowienie czujników w takim miejscu, które pozwalało na ograniczenie wpływu tych zmiennych. Stała geometria wlotu do wentylatora oraz brak rozpraszających czynników aerodynamicznych umożliwiły uzyskanie wartości pomiarowych, które można było bezpośrednio wykorzystać do analizy bilansu gazów.

Taka metodyka pozwoliła nie tylko na ocenę stężeń gazów w zależności od zastosowanej mieszanki paszowej, ale również na bardziej kompleksową analizę relacji między wydajnością wentylacji a efektywnością zarządzania środowiskiem chlewni. Dane o przepływach powietrza zostały użyte także do przeliczania emisji z jednostki produkcyjnej oraz do porównania skuteczności różnych rozwiązań żywieniowych w redukcji emisji odorów i gazów cieplarnianych. Co ważne, zastosowane rozwiązanie techniczne może być wdrażane również w innych gospodarstwach, ponieważ wykorzystuje proste anemometry i nie wymaga skomplikowanego systemu kalibracji. Projekt potwierdził, że właściwe umiejscowienie czujników przepływu ma kluczowe znaczenie dla jakości pomiarów i ich późniejszej przydatności analitycznej w kontekście rolnictwa zrównoważonego.

W ramach monitoringu środowiska chlewni, w projekcie zastosowano dwie zaawansowane, ale praktyczne w użytkowaniu technologie pomiaru stężenia najważniejszych gazów: technologię NDIR (Non-Dispersive Infrared) do pomiaru dwutlenku węgla (CO_2) oraz czujniki elektrochemiczne do detekcji amoniaku (NH_3). Obie te metody zostały wybrane ze względu na wysoką dokładność, możliwość ciągłego pomiaru oraz dostosowanie do zmiennych warunków panujących w budynkach inwentarskich. Technologia NDIR opiera się



na analizie absorpcji promieniowania podczerwonego przez cząsteczki dwutlenku węgla – czujnik mierzy, jak duża część światła IR o długości charakterystycznej dla CO₂ zostaje pochłonięta przez gaz znajdujący się w komorze pomiarowej. Im większe stężenie CO₂, tym więcej promieniowania ulega absorpcji, a detektor rejestruje proporcjonalnie niższy sygnał świetlny. Dodatkową zaletą tej technologii jest wysoka selektywność – dzięki zastosowaniu odpowiednich filtrów optycznych czujnik „widzi” tylko dwutlenek węgla, bez zakłóceń ze strony innych gazów obecnych w powietrzu chlewni. W celu utrzymania dokładności pomiaru, system posiada wbudowaną kompensację temperatury i wilgotności, które mogłyby zakłócać wynik – specjalne algorytmy stale korygują dane w czasie rzeczywistym. Dzięki temu uzyskano dokładne i stabilne odczyty CO₂ nawet w środowisku o zmiennej temperaturze i wysokiej wilgotności, co jest typowe dla chowu trzody.

Pomiar amoniaku (NH₃) realizowany był przy użyciu czujników elektrochemicznych, które przekształcają obecność tego gazu w sygnał elektryczny na zasadzie reakcji chemicznej. Wewnątrz czujnika znajduje się elektroda, na której powierzchni zachodzi reakcja utleniania amoniaku – w jej wyniku powstaje prąd proporcjonalny do jego stężenia w powietrzu. Czujniki tego typu są bardzo czułe na niskie poziomy NH₃ i dobrze nadają się do długookresowego monitorowania w chlewniach. Tak jak w przypadku NDIR, zastosowano mechanizmy kompensacyjne: czujniki są wyposażone w układy pomiaru temperatury i wilgotności, a zintegrowane algorytmy pozwalają korygować sygnał w zmiennych warunkach otoczenia. Dodatkowo, zastosowano rozwiązania zapobiegające degradacji komponentów pomiarowych, co zwiększyło długoterminową stabilność wyników. Warto zaznaczyć, że oba rodzaje czujników – zarówno do CO₂, jak i NH₃ – mogą być podłączone do wspólnych rejestratorów lub systemów mikroprocesorowych, które gromadzą dane i pozwalają je analizować w czasie rzeczywistym. Cały system można skalować – od jednego pomieszczenia po większe obiekty produkcyjne. Dzięki tym technologiom możliwe było precyzyjne śledzenie warunków środowiskowych w chlewniach objętych projektem oraz identyfikacja wpływu poszczególnych mieszanek paszowych na jakość powietrza, co w przyszłości może wspierać podejmowanie lepszych decyzji w zakresie zarządzania dobrostanem, wentylacją i skutecznością strategii żywieniowych. Przedstawione w projekcie badania nad jakością powietrza w chlewniach wskazują na dużą troskę producentów żywca wieprzowego o dobrostan świń oraz na konieczność ograniczanie negatywnego wpływu oddziaływania produkcji zwierzęcej na środowisko.



2.4 Odniesienie ekonomiczne i potrzeby ekonomiczne

W ramach projektu FeedImproved podjęto również analizę ekonomicznej opłacalności stosowania innowacyjnych dodatków paszowych, co miało kluczowe znaczenie z punktu widzenia przyszłego wdrażania wyników projektu w praktyce rolniczej. Oceniając nie tylko efekty zootechniczne, ale także wpływ nowych mieszanek na rentowność produkcji, zespół projektowy skupił się na trzech głównych wskaźnikach: zmianie kosztu paszy w wyniku reformulacji składu mieszanki paszowej, zmianie wskaźnika konwersji paszy (FCR) oraz monitorowaniu referencyjnej ceny rynkowej mieszanki paszowej dla tuczników. Celem było uzyskanie syntetycznego modelu analitycznego, który pozwoli na ocenę skutków ekonomicznych zarówno bezpośrednich (koszt paszy), jak i pośrednich (wydajność produkcyjna).

Pierwszym elementem było oszacowanie wpływu reformulacji składu mieszanki na koszt jednostkowy paszy. Przyjęto, że reformulacja obejmuje zamianę 20% pszenicy na pszenżyto, 20% pszenżyta na żyto oraz 20% śruty sojowej na śrutę rzepakową. Taki układ został dobrany w oparciu o dostępność surowców w regionie oraz ich znane właściwości żywieniowe. Na podstawie średnich cen rynkowych dla tych komponentów, założono, że koszt mieszanki paszowej uległ obniżeniu o około 6% w porównaniu do standardowej mieszanki. Oszczędność ta wynika zarówno z niższej ceny żyta i pszenżyta względem pszenicy, jak i z niższej ceny krajowej poekstrakcyjnej śruty rzepakowej względem importowanej poekstrakcyjnej śruty sojowej.

Reformulacja została podjęta w projekcie aby sprawdzić czy stosowanie innowacyjnych dodatków może sprawić, że można zastosować tańsze surowce paszowe zamiast droższych – pszenżyto w miejsce pszenicy, żyto w miejsce pszenżyta i poekstrakcyjną śrutę rzepakową w miejsce poekstrakcyjnej śruty sojowej. W ramach projektu chcieliśmy przekonać się, czy stosowanie dodatków będących dodatkowym kosztem może zrównoważyć się z zastosowaniem tańszej paszy bez obniżenia wyników produkcyjnych.

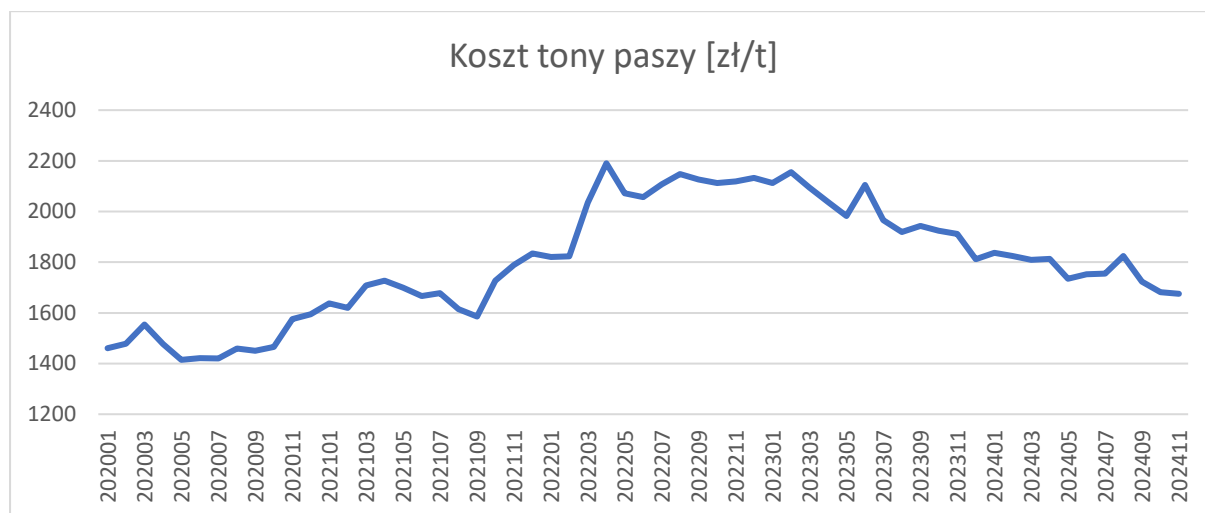
Drugim kluczowym wskaźnikiem była modyfikacja współczynnika konwersji paszy (Feed Conversion Ratio – FCR), czyli ilości paszy zużytej na uzyskanie jednego kilograma przyrostu masy ciała. FCR jest jednym z najważniejszych parametrów ekonomicznych w produkcji trzody chlewnej, bezpośrednio determinującym opłacalność chowu. W ramach projektu porównywano wartości FCR uzyskane w grupach kontrolnych i eksperymentalnych, w których stosowano dodatki paszowe oparte na fermentowanych komponentach roślinnych. W większości przypadków odnotowano poprawę FCR, co wskazuje, że reformulowane



mieszanki nie tylko były tańsze, ale również lepiej wykorzystywane przez organizm rosnących świń, co przekładało się na niższy koszt jednostkowy przyrostu.

Aby zapewnić obiektywność i rynkowy charakter analizy, zdecydowano się na przyjęcie referencyjnej ceny mieszanki paszowej na podstawie biuletynów informacyjnych Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi (MRiRW). Źródło to uznano za najbardziej wiarygodne i oficjalne spośród dostępnych systemów informacji rynkowej. Ceny publikowane są w formie tygodniowej, na podstawie zgłoszeń z firm paszowych i gospodarstw, co zapewnia ich aktualność oraz powtarzalność. Alternatywne źródła – takie jak Instytut Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej (IERiGŻ-PIB) portale branżowe (np. cenyrolnicze.pl), a także dane z paszarni – zostały poddane analizie, jednak ze względu na brak standardu i rozbieżności cenowe, uznano MRiRW za najwłaściwszy punkt odniesienia.

Na tej podstawie stworzono wewnętrzny indeks cenowy, który w dalszej części raportu pełnił rolę benchmarku do oceny ekonomiczności innowacyjnych mieszanek paszowych. Indeks ten uwzględnia zarówno zmienność rynkową cen pasz (np. sezonowość, ceny zbóż i komponentów białkowych), jak i zmiany technologiczne wynikające z reformacji składu. Taka konstrukcja pozwala na bieżącą weryfikację opłacalności opracowanego rozwiązania w warunkach zmiennego rynku rolnego i umożliwia rolnikom oraz doradcom żywieniowym podejmowanie świadomych decyzji opartych na danych liczbowych.



Wykres 1. Indeks cenowy paszy dla trzody chlewnej w latach 2020-2024 (opracowanie własne na podstawie danych MRiRW).

Jednym z najważniejszych aspektów tła gospodarczego realizacji projektu FeedImproved był moment jego przygotowywania i uruchamiania – połowa 2022 r., czyli okres szczególnie



trudny dla producentów trzody chlewnej w Polsce. W tamtym czasie rynek paszowy znajdował się w fazie ekstremalnego wzrostu cen, zarówno komponentów białkowych, jak i energetycznych, co było wynikiem globalnych zawirowań ekonomicznych, zerwanych łańcuchów dostaw oraz wojny w Ukrainie. Ceny zbóż i pasz osiągnęły wówczas najwyższy poziom w ostatnich latach, co bezpośrednio przełożyło się na trudności finansowe wielu gospodarstw prowadzących produkcję trzody chlewnej. Na podstawie danych z biuletynów Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi jasno wynika, że rok 2022 był rokiem szczytowym, jeśli chodzi o koszty mieszanki paszowej dla tuczników, a mimo spadków w 2023 r., ceny nie powróciły do poziomów z 2021 r.

Ten kontekst makroekonomiczny sprawił, że tematyka projektu idealnie wpisywała się w realne potrzeby polskich gospodarstw rolnych. Już na etapie tworzenia grupy operacyjnej i planowania operacji, oczywiste było, że dalszy rozwój sektora trzody chlewnej będzie w coraz większym stopniu uzależniony od umiejętności optymalizacji kosztów paszowych, które stanowią największy udział (ok. 70%) w całkowitych kosztach produkcji. W takiej sytuacji badania nad dodatkami paszowymi optymalizującymi konwersję paszy (FCR) nabierają szczególnej wartości. Ich znaczenie nie wynika jedynie z poprawy wyników zootechnicznych, ale z bezpośredniego przełożenia na koszty operacyjne gospodarstwa.

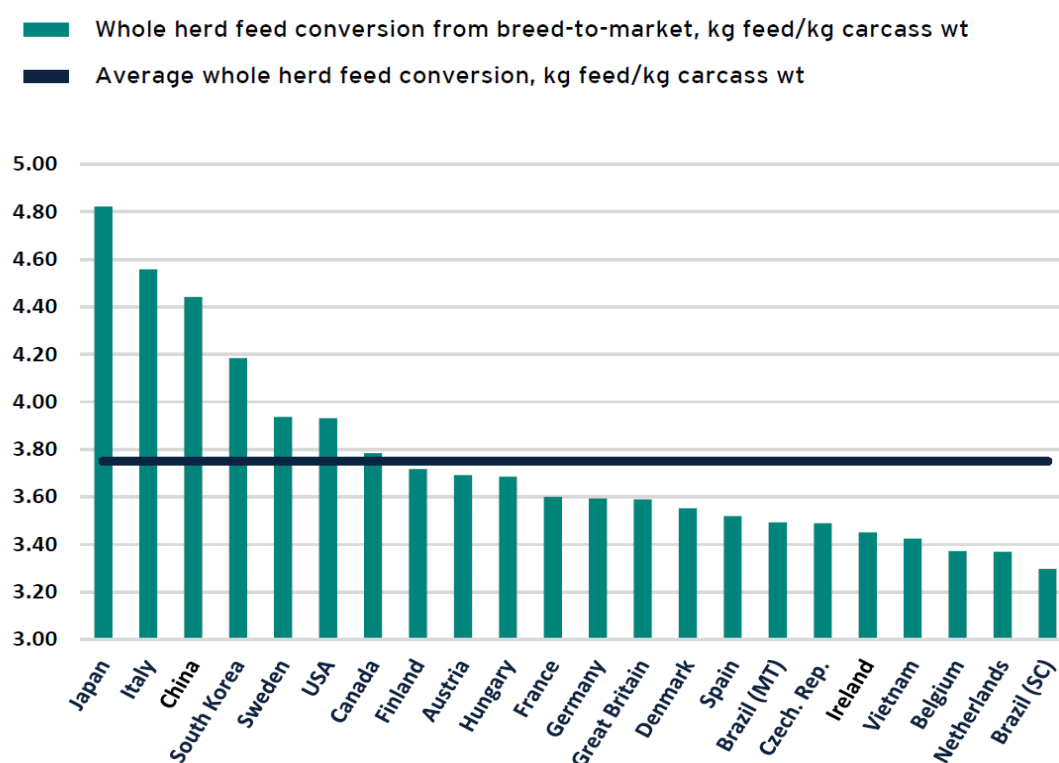
Projekt wskazuje, że rosnące ceny paszy istotnie zwiększają potrzebę wdrażania efektywnych, przebadanych dodatków paszowych. Wynika to z faktu, że dodatki paszowe wpływają na poprawę efektywności żywienia, natomiast wartość tej poprawy wyrażana jest w wartościach bezwzględnych, czyli realnych złotych zaoszczędzonych na jednostce produkcji. Dla przykładu, jeżeli dany dodatek paszowy pozwala na poprawę FCR o 5%, to w warunkach, gdy pasza kosztuje 1400 zł/t, jego efekt ekonomiczny będzie wyraźnie większy niż przy cenie 1000 zł/t. To oznacza, że potencjał wdrożeniowy i skala korzyści z zastosowania innowacyjnych dodatków paszowych rośnie wprost proporcjonalnie do wzrostu cen paszy.

W czasie realizacji projektu występowały wahania cen surowców, co dodatkowo podkreśliło znaczenie elastycznego podejścia do reformacji składu paszy i stałego monitorowania rynku. Projekt pokazał, że wartość innowacyjnych rozwiązań żywieniowych nie polega jedynie na ich skuteczności biologicznej, ale także na możliwości ich szybkiego dopasowania do zmiennych warunków ekonomicznych. Rolnicy uczestniczący w projekcie mogli przekonać się, że nawet przy dużej zmienności cen komponentów paszowych, odpowiednio opracowana reformulacja – z udziałem tańszych i lokalnie dostępnych surowców – może stanowić realne wsparcie ekonomiczne.



Podsumowując, projekt FeedImproved nie tylko odpowiadał na aktualne potrzeby branży, ale również wyprzedzał przyszłe wyzwania ekonomiczne i środowiskowe, tworząc rozwiązania gotowe do zastosowania w warunkach rosnącej presji kosztowej. Jego założenia – oparte na obniżeniu kosztu jednostkowego paszy oraz poprawie jej wykorzystania dzięki dodatkom – sprawiają, że wyniki projektu mogą mieć trwały wpływ na zwiększenie odporności ekonomicznej gospodarstw trzodowych, szczególnie w okresach kryzysowych.

Figure 3. Whole herd (breed-to-market) feed conversion—2020.



Wykres 2. Benchmarkowanie wyników gospodarstw rolnych na świecie (Benchmarking the profitability of raising pigs: Country comparisons and factors contributing to their relative advantage or disadvantage in a global market – 2020. Dr. Derald Holtkamp, MS, DVM, Professor of Veterinary Diagnostic and Production Animal Medicine, Iowa State Univ., USA).

Bardzo ważnym faktem, który trzeba mieć na uwadze podczas oceny wyników jest dobry poziom wyników grupy kontrolnej w prowadzonych badaniach. Powyżej na wykresie linią wyrażono wskaźnik FCR dla uśrednionych grup kontrolnych w projekcie, który jest zbliżony do topowych krajów UE w zakresie trzody chlewnej – Belgii, Holandii, Danii oraz



Hiszpanii jak i zbliżony do Brazylii, gdzie dopuszczone jest zarówno wielkotowarowe produkowanie trzody chlewnej jak i szereg promotorów wzrostów, hormonów i antybiotyków które znacznie polepszają przyrost zwierząt jak i efektywność wykorzystywanej paszy.

W ramach projektu tuczono świnie o średniej masie początkowej ok. 25 kg do masy końcowej ok. 120 kg, zdarzały się niewielkie odchylenia. Świnie cechowało to samo pochodzenie genetyczne, wszystkie grupy były żywione systemem na sucho i utrzymywane w zbliżonych oraz monitorowanych warunkach zoohigienicznych, były kupowane i sprzedawane w podobnym przedziale wagowym, co umożliwiło porównanie uzyskanych wyników między poszczególnymi grupami.

Ze względu na powyższe oraz na wysoką powtarzalność wyników osiągniętych w grupach kontrolnych w projekcie (średnio FCR 2,76 kg/kg dla Iwony Czech-Kapała oraz FCR 2,75 kg/kg dla Łukasza Czecha) w dalszej części prezentacja wyników ekonomicznych przedstawiono wyniki grup kontrolnych ogółem, ponieważ różnice między grupami kontrolnymi były niewielkie.



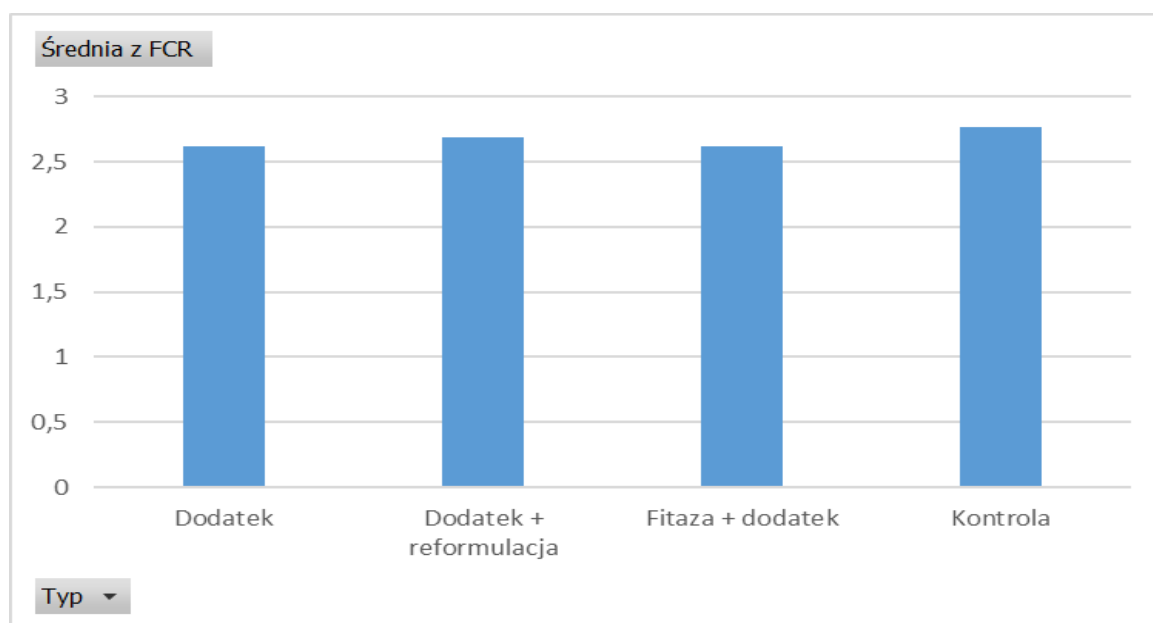
3. Wyniki badań

Już na wczesnym etapie realizacji projektu FeedImproved ujawniło się jedno z istotnych zagadnień praktycznych, które wcześniej – na etapie planowania – nie było do końca przewidywalne, a dotyczyło dawkowania dodatków ziołowych i roślinnych w mieszankach paszowych. W pierwotnych założeniach projektowych przewidywano możliwość stosowania tych dodatków w ilości nawet do 24 kg na tonę paszy, zakładając, że większy udział komponentów bioaktywnych przełoży się na silniejszy efekt enzymatyczny, immunostymulujący i wspierający mikroflorę przewodu pokarmowego. Jednak w praktyce okazało się, że tak wysokie dawki dodatków znacząco obniżają smakowitość paszy. Zwierzęta, szczególnie w początkowej fazie tuczu, pobierały taką paszę niechętnie, co w skrajnych przypadkach prowadziło do pogorszenia pobrania dziennego i niepożądanych wahań przyrostów. Wynikały one zapewne z intensywnym, gorzkim smakiem niektórych składników ziołowych oraz fermentowanych surowców roślinnych – podobnie jak ma to miejsce przy podawaniu zbyt dużych ilości nieprzetworzonego łubinu lub grochu, które zawierają substancje antyodżywcze i związki o gorzkim profilu sensorycznym. Z tego względu, już po pierwszych testach, podjęto decyzję o ograniczeniu dawek dodatków ziołowych, przy czym za optymalny zakres uznano wartości mieszczące się między 2 a 5 kg na tonę paszy. W niektórych wariantach testowych stosowano 8 kg zamiast planowanych pierwotnie 24 kg, co pozwoliło na zachowanie równowagi między efektywnością biologiczną dodatku a smakowitością paszy. Korekta ta była kluczowa dla utrzymania wysokiego poziomu pobrania paszy przez zwierzęta i potwierdziła znaczenie praktycznej walidacji założeń technologicznych w warunkach rzeczywistej produkcji.



3.1 Zbiorcze podsumowanie grup

Główne różnice pomiędzy grupami dotyczyły zużycia paszy na jednostkę przyrostu oraz składu powietrza. Na start przedstawiono zbiorcze wyniki dla ogółu głównych rodzajów grup: zwierząt żywionych z dodatkami paszowymi bez reformulacji (Gospodarstwo Rolne Łukasz Czech), z dodatkami paszowymi bez reformulacji z dodatkiem enzymu-fitazy (Gospodarstwo Rolne Łukasz Czech), grup z dodatkami paszowymi wraz z reformulacją (Gospodarstwo Rolne Iwona Czech-Kapała) oraz grupą kontrolną (Gospodarstwo Rolne Iwona Czech-Kapała i Gospodarstwo Rolne Łukasz Czech) – wykres 3.



Wykres 3. Wskaźnik konwersji paszy w wybranych grupach mieszanek (opracowanie własne)

Wskaźnik konwersji paszy (FCR) to jeden z kluczowych parametrów określających efektywność żywienia w produkcji trzody chlewnej. Im niższy jego poziom, tym mniej paszy potrzeba do uzyskania jednego kilograma przyrostu masy ciała, co bezpośrednio przekłada się na obniżenie kosztów produkcji. W ramach projektu FeedImproved przeprowadzono porównanie czterech wariantów żywieniowych, w tym trzech eksperymentalnych z udziałem dodatków paszowych oraz dwóch grup kontrolnych. Wyniki zostały przedstawione zarówno jako bezwzględne wartości FCR, jak i w formie procentowej w stosunku do grupy kontrolnej (ustalonej na poziomie 100%).

Najniższy FCR osiągnięto w grupie, w której zastosowano dodatek paszowy w połączeniu z enzymem fitazą – wartość wskaźnika wyniosła 2,61 (kg/kg przyrostu), co oznacza zużycie paszy niższe o 5,64% względem grupy kontrolnej. Bardzo podobny efekt



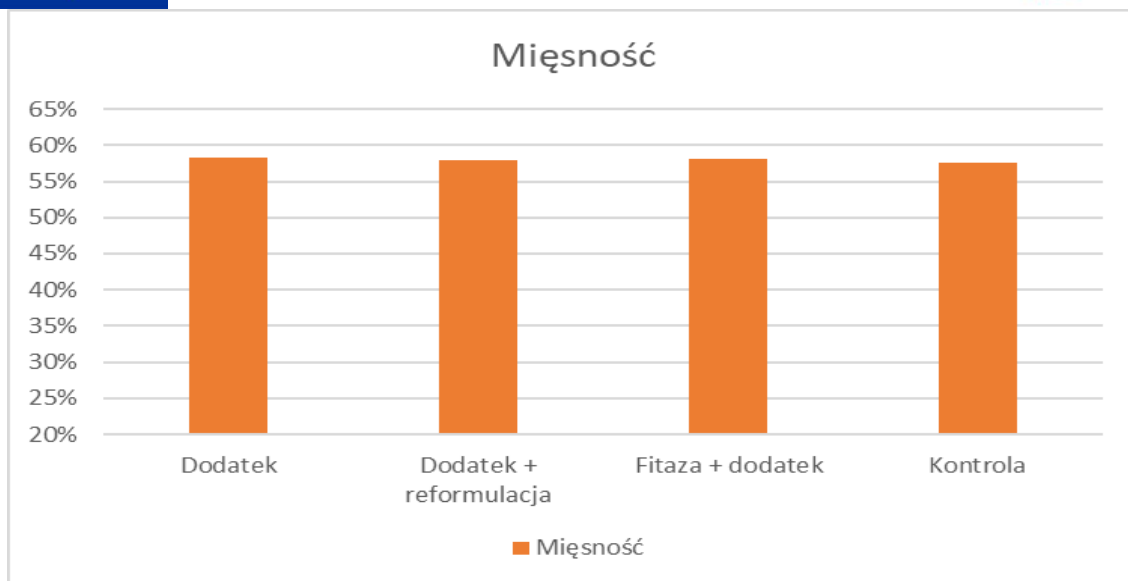
zaobserwowano w grupie tuczników, w żywieniu której stosowano dodatek paszowy bez innych zmian – FCR na poziomie 2,62 (kg/kg przyrostu), czyli o 5,15% niższy od kontrolnego. Wyniki te jednoznacznie wskazują, że dodatki paszowe oparte na bioaktywnych komponentach roślinnych mogą poprawić efektywność żywienia, niezależnie od tego, czy stosowane są samodzielnie czy w połączeniu z enzymami trawiennymi.

Nieco wyższą wartość FCR odnotowano w grupie, w której dodatki paszowe połączone z reformulacją mieszanki bazowej (zamiana pszenicy na pszenżyto, pszenżyta na żyto, poekstrakcyjnej śruty sojowej na poekstrakcyjną śrutę rzepakową). FCR w tej grupie wyniósł 2,69 kg/kg, co oznacza poprawę o 2,88% względem kontroli. Choć efekt był słabszy niż w pozostałych grupach, należy zauważyć, że reformulacja miała na celu także obniżenie kosztów paszy (o około 6%), dlatego końcowa efektywność ekonomiczna tego wariantu może być korzystna mimo nieco wyższego FCR.

Tabela 1. Porównanie FCR w określonych grupach (opracowanie własne)

Rodzaj mieszanki	Wynik FCR (kontrola = 100,00%)	FCR
dodatek	94,85%	2,62
dodatek + reformulacja	97,12%	2,69
fitaza + dodatek	94,36%	2,61
kontrola	100,00%	2,76

W grupie kontrolnej, w której tuczniki otrzymywały mieszankę pełnoporcjową bez żadnych dodatków paszowych, FCR wyniósł 2,76 kg/kg, co stanowi punkt odniesienia do wyników uzyskanych w pozostałych grupach badawczych. Zestawienie tych danych wskazuje jednoznacznie, że zastosowanie dodatków paszowych – zarówno samodzielnie, jak i w połączeniu z innymi działaniami żywieniowymi – prowadziło do poprawy efektywności paszowej. Najlepsze rezultaty osiągnięto przy zastosowaniu dodatków roślinnych oraz fitazy, co sugeruje możliwość synergicznego działania tych składników na strawność i przyswajalność składników pokarmowych. Obserwacje te będą w dalszej części raportu zestawione z wynikami środowiskowymi oraz analizą opłacalności ekonomicznej.



Wykres 4. Porównanie mięsności w określonych grupach (opracowanie własne).

Mięsność tusz wyrażana jako procentowy udział mięsa w stosunku do masy całkowitej tuszy, stanowi jeden z najważniejszych wskaźników jakości produkcji trzody chlewnej. Wysoki poziom mięsności świadczy o bardzo dobrej produkcyjności zwierząt, optymalnym bilansie składników pokarmowych w paszy oraz wysokiej wartości handlowej gotowego produktu. W ramach projektu FeedImproved przeanalizowano wpływ różnych wariantów żywienia – w tym dodatków paszowych i reformulacji mieszanek – na poziom mięsności tusz. W grupie kontrolnej wartość mięsności ustalono jako punkt odniesienia, wynoszący 58%, co przyjęto za 100% w analizie porównawczej.

Tabela 2. Mięsności tuczników w poszczególnych grupach (opracowanie własne)

Rodzaj mieszanki	Mięsność (kontrola = 100,00%)	Mięsność
dodatek	101,03%	58,21%
dodatek + reformulacja	100,70%	58,00%
fitaza + dodatek	100,71%	58,02%
kontrola	100,00%	57,61%

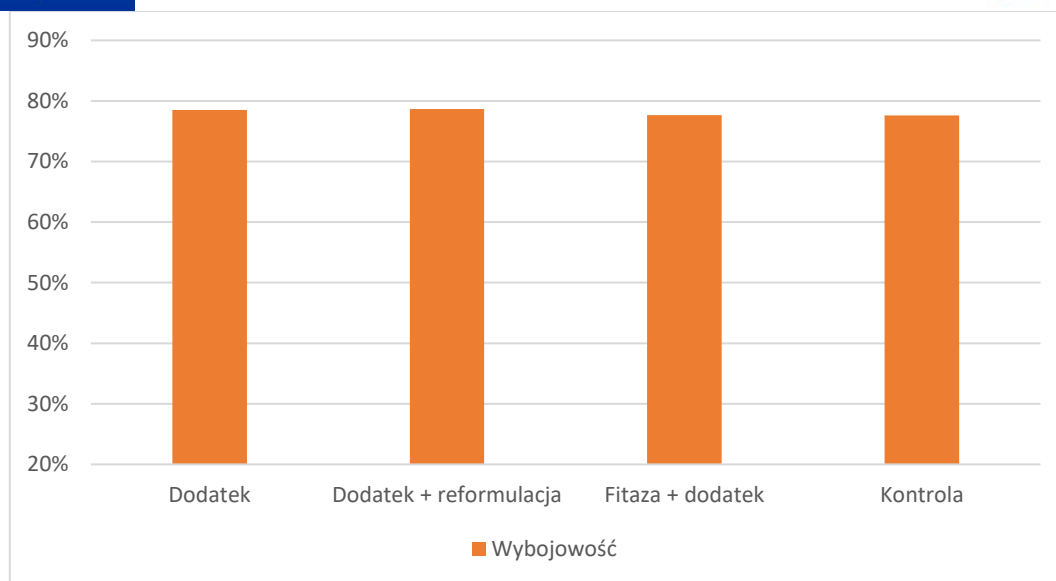
Wyniki wskazują na pozytywny, choć umiarkowany wpływ dodatków paszowych na końcowy udział mięsa w tuszy. Zarówno grupa z dodatkiem paszowym bez reformulacji, jak i grupa z dodatkiem oraz enzymem fitazą, osiągnęły mięsność na poziomie 58%, co oznacza niewielką poprawę względem kontroli – odpowiednio 101,03% i 100,71% w wartościach względnych. Również w grupie, w której stosowano jednocześnie dodatki paszowe i



reformulację mieszanki (zamianę pszenicy, pszenżyta i śruty sojowej na tańsze i lokalnie dostępne komponenty), poziom mięsności wyniósł 58%, czyli 100,70% względem grupy kontrolnej.

Chociaż różnice pomiędzy grupami były subtelne, ich powtarzalność we wszystkich wariantach z dodatkami paszowymi wskazuje na stabilny efekt wspierający proces budowy beztłuszczowej masy ciała. Zastosowane dodatki, w tym komponenty fermentowane oraz wspomagające trawienie, mogły pozytywnie wpływać na wykorzystanie aminokwasów i ograniczenie odkładania tłuszczu, co przyczyniło się do utrzymania lub lekkiej poprawy mięsności przy zachowaniu podobnego tempa przyrostów. Jest to szczególnie istotne z punktu widzenia rynkowej wartości tusz, ponieważ każdy wzrost mięsności – nawet o 0,1–0,2 punktu procentowego – może przekładać się na korzystniejszą klasyfikację handlową i wyższą cenę jednostkową.

Podsumowując, wyniki uzyskane w projekcie potwierdzają, że stosowanie dodatków paszowych nie tylko nie obniża wskaźników jakości tuszy, ale może też wpływać korzystnie na strukturę przyrostu masy ciała, prowadząc do bardziej wydajnej i jakościowo lepszej produkcji. W dalszych etapach raportu mięsność zestawiono z wynikami dotyczącymi konwersji paszy i kosztów żywienia, co pozwoli na kompleksową ocenę opłacalności każdego z wariantów.



Wykres 5. Wydajność rzeźna tusz w zależności od grupy (opracowanie własne).

Kolejnym wskaźnikiem uwzględnionym w ramach projektu FeedImproved była wydajność rzeźna, rozumiana jako stosunek masy tuszy do masy ciała tucznika przed ubojem wyrażony w procentach. Parametr ten służy ocenie efektywności wykorzystania masy ciała zwierząt w procesie uboju i jest istotny zarówno z punktu widzenia producenta, jak i zakładów przetwórczych. Dane uzyskane w trakcie badań pokazują, że – podobnie jak w przypadku mięsności – zastosowanie mieszanek paszowych z zastosowaniem innowacyjnych dodatków paszowych miało pozytywny wpływ na wydajność rzeźną tusz w porównaniu do grupy kontrolnej, choć różnice te nie były duże i należy je interpretować z pewną ostrożnością.

W grupie kontrolnej średnia wydajność rzeźna wyniosła 78%, co przyjęto jako wartość referencyjną równą 100%. Warianty żywieniowe z dodatkami paszowymi i reformulacją wykazały nieznacznie lepsze wyniki: 79% wydajność rzeźna w przypadku grupy z dodatkiem paszowym (101,17%) oraz grupy z dodatkiem i reformulacją (101,37%). Grupa, w której stosowano fitazę i dodatek paszowy, osiągnęła wynik praktycznie identyczny z kontrolą – 78%, czyli 100,03% względem wartości odniesienia.

Choć różnice procentowe były niewielkie, należy zauważyć ich konsekwentny, pozytywny kierunek – trzy spośród czterech badanych wariantów wykazały wyższą wydajność rzeźną niż mieszanka kontrolna. Wskazuje to na potencjalny wpływ nowych mieszanek paszowych na lepsze wykorzystanie składników pokarmowych i bardziej korzystną strukturę masy ciała zwierząt, co przekłada się na wyższy udział masy użytkowej w masie całkowitej. Jest to szczególnie istotne z punktu widzenia efektywności produkcji i kalkulacji opłacalności, zwłaszcza w sytuacjach, gdy rynek premiuje tusze o wyższym uzysku.

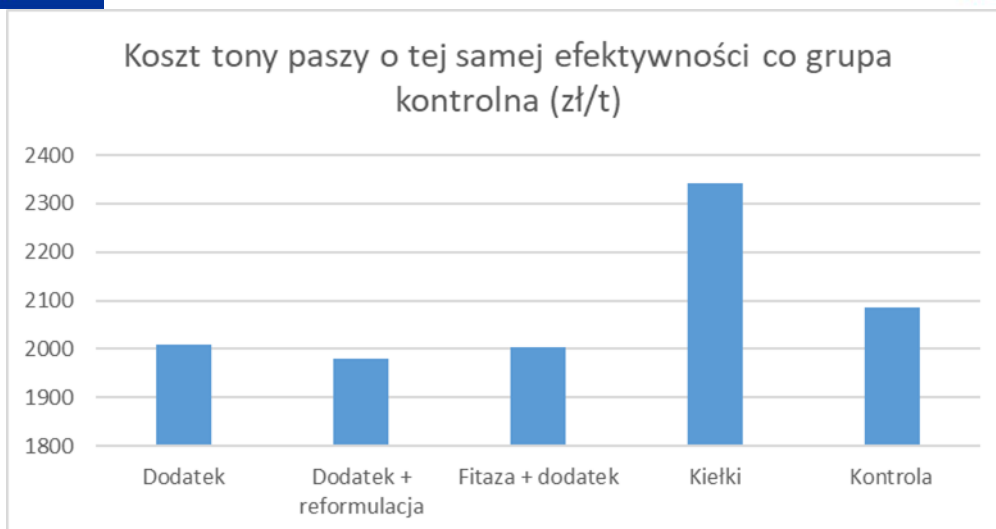


Tabela 3. Wydajność rzeźna tusz w zależności od grupy (opracowanie własne)

Rodzaj mieszanki	Wydajność rzeźna (kontrola = 100,00%)	Wydajność rzeźna
dodatek	101,17%	78,54%
dodatek + reformulacja	101,37%	78,69%
fitaza + dodatek	100,03%	77,65%
kontrola	100,00%	77,63%

Podsumowując, nowe mieszanki paszowe pozytywnie wpłynęły na jakość tusz, wyrażoną mięsnością i wydajnością rzeźną. Mimo, że nie odnotowano spektakularnych różnic liczbowych, wyniki wskazują na spójny, jakościowy kierunek zmian, który przemawia za dalszym doskonaleniem składu pasz i ich testowaniem w praktycznych warunkach chowu. W połączeniu z obserwowaną poprawą wskaźnika FCR oraz stabilnymi wynikami środowiskowymi, dane te potwierdzają, że innowacyjne podejście żywieniowe może realnie poprawiać wartość handlową i efektywność produkcyjną zwierząt.

Ważnym elementem analizy przeprowadzonej w ramach projektu FeedImproved była ocena ekonomicznej efektywności zastosowanych mieszanek paszowych. Celem było określenie, jaką rzeczywistą wartość mają innowacyjne mieszanki paszowe po uwzględnieniu dwóch czynników: z jednej strony poprawy efektywności produkcyjnej (np. niższego FCR, wyższej mięsności), z drugiej – zmienionego kosztu jednostkowego tony paszy. Kalkulacje przeprowadzono dla sytuacji cenowej z czerwca 2022 r., czyli momentu składania wniosku o dofinansowanie – okresu, w którym ceny pasz i surowców paszowych osiągały rekordowe wartości w związku z trwającym kryzysem surowcowym. Właśnie w tym kontekście projekt nabrał szczególnego znaczenia – dostarczał potencjalnych rozwiązań dla poprawy rentowności gospodarstw w warunkach skokowego wzrostu kosztów żywienia.



Wykres 6. Równowartość kosztu tony paszy o tej samej efektywności w tuczu (opracowanie własne)

Analizę przeprowadzono dla czterech głównych wariantów paszowych (bez uwzględnienia wariantów testowych z fermentowanymi kielkami) oraz jednej grupy kontrolnej. Warianty te obejmowały:

- mieszankę z dodatkiem paszowym bez zmian w składzie bazowym,
- mieszankę z dodatkiem i reformulacją składu (zamiana części pszenicy, pszenżyta i poekstrakcyjnej śruty sojowej na tańsze komponenty),
- mieszankę z dodatkiem oraz enzymem fitazą,
- oraz mieszankę kontrolną, stosowaną wcześniej w gospodarstwach bez innowacyjnych dodatków.

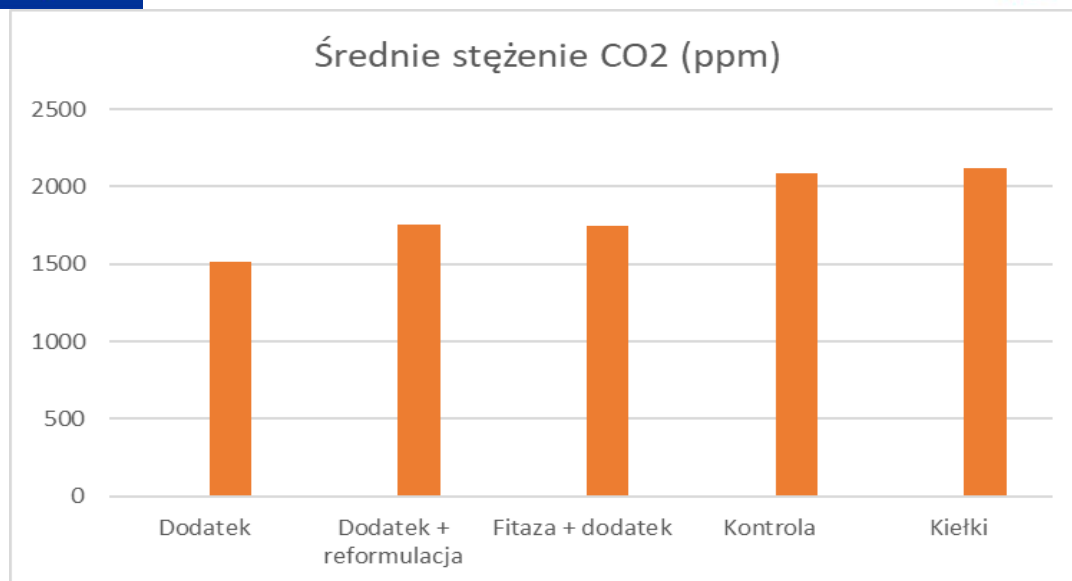
W analizie uwzględniono zarówno koszt tony paszy, jak i wynikową efektywność produkcyjną, co pozwoliło wyliczyć całkowity koszt uzyskania jednego tucznika. Wyniki pokazały, że wszystkie trzy warianty żywienia z dodatkami pozwoliły na obniżenie tego kosztu względem kontroli, i to bez pogorszenia parametrów jakości tusz. Najlepszy wynik uzyskano w grupie z dodatkiem oraz reformulacją – koszt tony paszy o tej samej skuteczności wyniósł 1980,52 zł, co stanowi 95% kosztu kontrolnego (2086,07 zł/t), a różnica na jednym tuczniaku wyniosła 27,57 zł oszczędności. W pozostałych dwóch grupach (dodatek bez reformulacji oraz dodatek z fitazą) koszt tony paszy wyniósł odpowiednio 2007,61 zł i 2003,01 zł, co przekładało się na oszczędności w wysokości odpowiednio 20,50 zł oraz 21,70 zł na sztuce. Średnio, nowe rozwiązania pozwoliły na obniżenie kosztu wyprodukowania tucznika o około 4% względem grupy kontrolnej – to wartość znacząca w kontekście niskich marż w sektorze trzody chlewnej.



W odrębnej analizie uwzględniono także pasze oparte na fermentowanych kielkach roślinnych – innowacyjnym składniku opracowywanym w ramach projektu. Choć rozwiązanie to wykazywało potencjał biologiczny i środowiskowy, w praktyce okazało się, że jego koszt produkcji znacząco przewyższał pierwotne założenia. Ostateczny koszt tony takiej paszy wyniósł aż 2341,54 zł, czyli 112% ceny paszy kontrolnej. W rezultacie koszt produkcji jednego tuczniaka wzrósł o 66,74 zł względem grupy referencyjnej. W związku z tym, zakres testów tej mieszanki ograniczono do jednej grupy doświadczalnej, a jej dalsze stosowanie będzie wymagało osobnej analizy technologicznej i kosztowej.

Podsumowując, przeprowadzona analiza ekonomiczna jasno pokazała, że nowe mieszanki paszowe, oparte na reformulacji i dodatkach paszowych o cechach bioaktywnych, mogą przynieść realne oszczędności finansowe przy zachowaniu lub nawet poprawie wyników produkcyjnych. Największe korzyści osiągnięto poprzez połączenie efektu biologicznego dodatków z ekonomicznym potencjałem tańszych komponentów paszowych. Wyniki te stanowią istotną podstawę do rekomendowania opracowanych rozwiązań do wdrożenia w skali gospodarstw komercyjnych, szczególnie w warunkach zmiennych cen pasz i wzrastających kosztów produkcji.

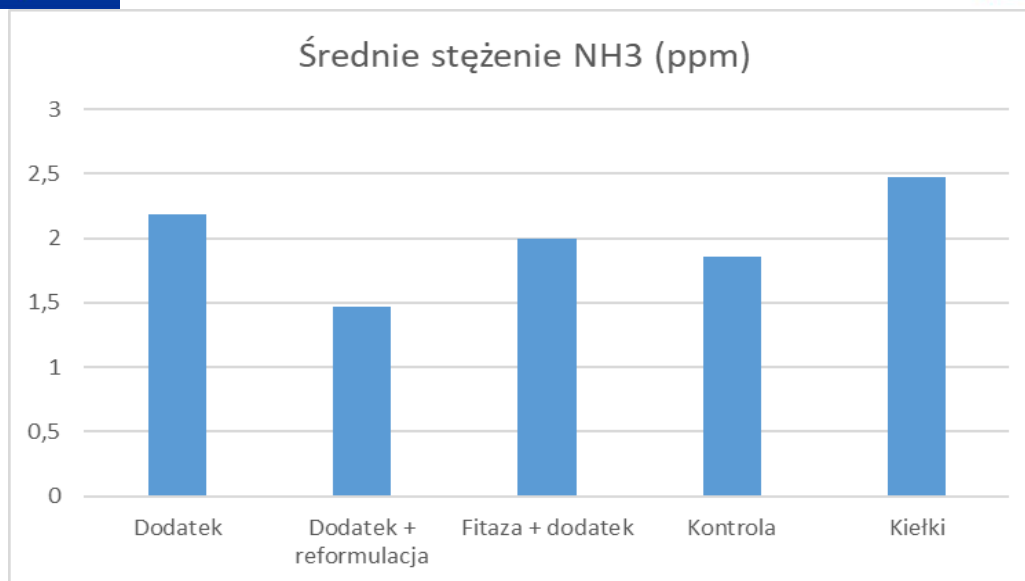
W ramach projektu FeedImproved, oprócz wyników produkcyjnych i ekonomicznych, szczegółowej analizie poddano także wpływ poszczególnych wariantów żywieniowych na parametry środowiskowe w chlewniach, a w szczególności na skład powietrza, w tym stężenie dwutlenku węgla (CO_2) i amoniaku (NH_3). Gazy te odgrywają kluczową rolę w ocenie jakości mikroklimatu w budynkach inwentarskich – ich nadmierne stężenie wpływa nie tylko na dobrostan zwierząt, ale także na zdrowie pracowników oraz otoczenie środowiskowe ferm. Pomiarów dokonano z wykorzystaniem czujników elektrochemicznych, a wartości wyrażono w ppm (parts per million).



Wykres 7. Średnie stężenie CO₂ w zależności od grupy (opracowanie własne).

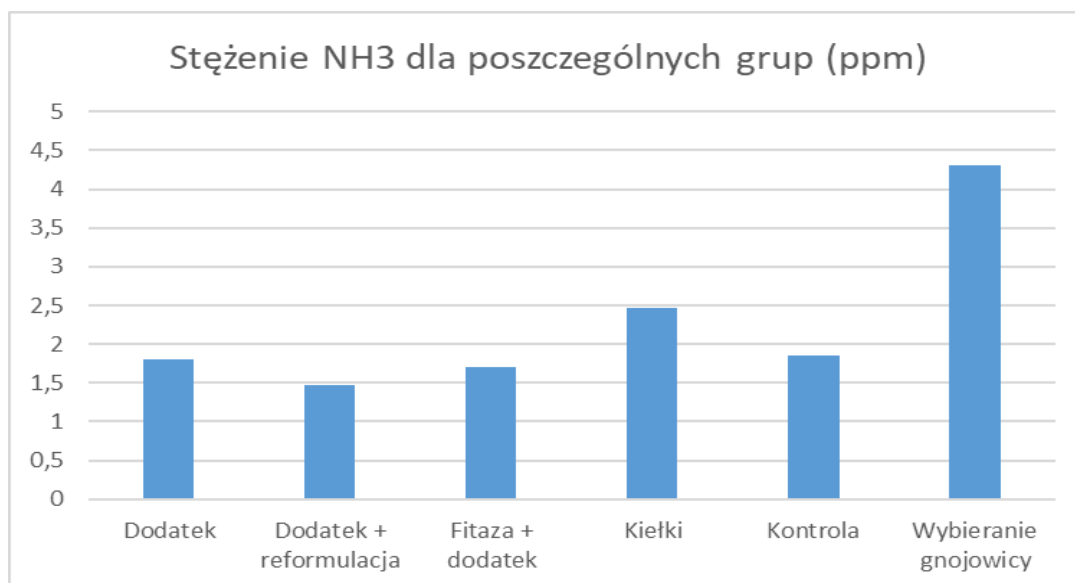
Analiza wyników wykazała, że najwyższe stężenie CO₂ zanotowano w grupie kontrolnej – średnio 2085 ppm, a jeszcze wyższe – 2121 ppm – w grupie testowej z fermentowanymi kiełkami. Natomiast najniższe średnie stężenie CO₂, wynoszące 1513 ppm, zaobserwowano w chlewniach, gdzie stosowano paszę z dodatkiem paszowym bez reformulacji. Również w grupie, gdzie zastosowano dodatek wraz z reformulacją składu mieszanki, stężenie CO₂ było wyraźnie niższe niż w grupie kontrolnej – 1755 ppm. Podobny efekt uzyskano w grupie z dodatkiem i fitazą (1743 ppm). Te wyniki sugerują, że stosowanie dodatków paszowych – zarówno samodzielnie, jak i w połączeniu z reformulacją lub fitazą – może wspierać poprawę parametrów mikroklimatycznych wewnątrz chlewni, ograniczając nagromadzenie CO₂ w powietrzu.

Wyniki stężenia amoniaku (NH₃) w powietrzu chlewni były bardziej zróżnicowane. Najniższe średnie stężenie NH₃ zanotowano w grupie „dodatek + reformulacja” – 1,47 ppm, co wskazuje na możliwy wpływ reformulowanego składu mieszanki na ograniczenie nadmiernego wydalania azotu lub lepsze jego wykorzystanie metaboliczne. Dla porównania, grupa kontrolna miała średnie stężenie NH₃ na poziomie 1,86 ppm, a grupa z samym dodatkiem – 2,18 ppm. Najwyższy poziom amoniaku zanotowano ponownie w grupie z fermentowanymi kiełkami – 2,47 ppm, co może być związane z innym metabolizmem tych pasz lub mniejszym pobraniem w niektórych momentach cyklu.



Wykres 8. Stężenie NH₃ w ppm w poszczególnych grupach (opracowanie własne).

Po wnikliwej analizie stwierdzono, że wysokie zawartości amoniaku w powietrzu dla grup z dodatkami stwierdzono w chlewni Łukasza Czecha, gdzie były wyższe startowe stany gnojowicy oraz mieszano gnojowicę. W omawianym gospodarstwie równolegle dla dwóch mieszanek żywieniowych – fitazy i emulgatora nie odnotowano wyników dla grupy kontrolnej ze względu na brak prawidłowo zebranych danych związanych z procesem montowania sprzętu. Po skorygowaniu dane o te parametry uzyskano wyniki dotyczących składu powietrza w chlewni – wykres 9.



Wykres 9. Stężenie amoniaku w chlewni dla poszczególnych grup (opracowanie własne).



Na tle przeprowadzonych analiz środowiskowych szczególnie istotne jest podkreślenie, że wszystkie zarejestrowane poziomy stężenia gazów w chlewniach objętych projektem mieściły się znacznie poniżej dopuszczalnych norm europejskich. Według powszechnie stosowanych standardów, maksymalne dopuszczalne stężenie amoniaku (NH_3) w powietrzu chlewni wynosi 20 ppm, natomiast dopuszczalne stężenie dwutlenku węgla (CO_2) to nawet 3000 ppm. Tymczasem średnie wartości zawartości badanych gazów w powietrzu chlewni odnotowane we wszystkich grupach badawczych w projekcie FeedImproved były wielokrotnie niższe dla amoniaku wahało się od około 1,5 do 2,5 ppm, a stężenie CO_2 od 1513 do 2121 ppm. Oznacza to, że jakość powietrza w chlewniach była bardzo dobra, a warunki środowiskowe – stabilne i sprzyjające zarówno dobrostanowi zwierząt, jak i bezpieczeństwu pracy.

W praktyce rolniczej chlewnie często funkcjonują w znacznie trudniejszych warunkach – bez automatyzacji wentylacji, z nieregularnie zarządzaną gnojowicą lub ograniczoną przestrzenią dla zwierząt. Dlatego można przypuszczać, że skala pozytywnych efektów wynikających z zastosowania dodatków paszowych i reformulacji mieszanki mogłaby być jeszcze większa w obiektach o niższym standardzie techniczno-higienicznym. Wyniki projektu należy więc traktować jako wariant konserwatywny, obrazujący efekty w gospodarstwach już spełniających podstawowe wymogi dobrostanu i higieny. Potencjał wdrożeniowy innowacyjnych rozwiązań paszowych może być tym większy, im bardziej wymagające są warunki, w jakich żywione są zwierzęta.

Jednocześnie warto z pewnym dystansem interpretować wpływ mieszanek paszowych na parametry gazów cieplarnianych i odorów, ze względu na szereg czynników środowiskowych wpływających na poziom emisji. Na podstawie obserwacji terenowych i doświadczenia zespołu projektowego można stwierdzić, że na poziom stężenia NH_3 i CO_2 istotny wpływ miały m.in. aktualna temperatura w chlewni, poziom zgromadzonej gnojowicy pod rusztami, występowanie kożucha lub pozostałości organicznych z poprzednich cykli produkcyjnych. Również lokalne różnice w wentylacji czy układzie przestrzennym kojców mogły przyczyniać się do niewielkich różnic w wynikach, które niekoniecznie były bezpośrednio związane z dietą zwierząt. Z tego względu w projekcie przyjęto ostrożne podejście do formułowania jednoznacznych wniosków w zakresie emisji gazów – nie negując pozytywnego wpływu pasz z dodatkami, ale też zachowując świadomość złożoności zjawisk środowiskowych w produkcji zwierzęcej.

Ciekawym elementem o charakterze jakościowym, który nie został uchwycony bezpośrednio w danych liczbowych, były obserwacje organoleptyczne dotyczące zapachu i



komfortu pracy w chlewniach. W szczególności w grupach, w których stosowano mieszanki zawierające zioła śródziemnomorskie – takie jak bazylia, tymianek czy majeranek – zauważono wyraźnie przyjemniejszy zapach wewnątrz budynków, co miało pozytywny wpływ na ocenę środowiska pracy przez personel. Zioła te znane są ze swoich właściwości aromatycznych i maskujących, a ich zastosowanie mogło przyczyniać się do subiektywnego wrażenia poprawy warunków bytowych zwierząt oraz zmniejszenia odczuwalnych odorów. Co ciekawe, w tych samych grupach odnotowano również nieco bardziej spokojne zachowania zwierząt oraz korzystniejsze warunki pracy, choć nie znalazło to odzwierciedlenia w twardych danych dotyczących gazów. Należy więc przypuszczać, że elementy sensoryczne i behawioralne mogły być dodatkowym benefitem stosowania określonych dodatków roślinnych, szczególnie tych o wysokim profilu zapachowym.

Podsumowując, wyniki środowiskowe osiągnięte w projekcie są bardzo pozytywne i stanowią solidną podstawę do dalszych wdrożeń. W chlewniach objętych badaniem odnotowano bardzo niskie wartości CO_2 i NH_3 , daleko poniżej norm dopuszczalnych. Oznacza to, że nawet niewielkie różnice na korzyść mieszanek z dodatkami – takie jak niższe stężenie CO_2 w grupach testowych – nabierają znaczenia przy utrzymywaniu wysokiego standardu środowiska. W połączeniu z obserwacjami jakościowymi i wpływem niektórych ziół na komfort pracy, wyniki te podkreślają wielowymiarową wartość stosowania zrównoważonych rozwiązań żywieniowych, które mogą jednocześnie poprawiać produktywność, środowisko chowu oraz codzienne warunki pracy ludzi i zwierząt.



3.2 Mieszanki paszowe z fitazą i emulgatorem

Tabela 4. Wyniki dla mieszanek paszowych zawierających dodatki emulgatora oraz fitazy (opracowanie własne).

Dodatek	Typ	Chlewnia	Stężenie CO ₂ , ppm	Stężenie NH ₃ , ppm	FCR, kg/kg	Średnia masa ciała, kg	Wybojowość	Mięsność	Koszt dodatku na t paszy, PLN
0,6 kg emulgatora/t paszy	dodatek	Ł. Czech	1456,04	4,85	2,59	116	80%	59%	15,00
0,4 fitazy/t paszy	fitaza + dodatek	Ł. Czech	1371,02	3,78	2,66	117	77%	59%	9,00
brak	kontrola	I. Czech-Kapała	1814,21	1,32	2,90	119	78%	58%	0,00
0,68 kg emulgatora/t paszy	dodatek + reformulacja	I.Czech-Kapała	1685,50	1,23	2,60	122	77%	57%	20,00
brak	kontrola	Ł. Czech	-	-	2,75	123	77%	57%	0,00

Na podstawie przedstawionych danych dotyczących wyników produkcyjnych i środowiskowych dla różnych wariantów żywieniowych zastosowanych w projekcie FeedImproved, można wyciągnąć kilka kluczowych wniosków potwierdzających pozytywny wpływ dodatków paszowych – zarówno w postaci emulgatora, jak i kombinacji emulgatora z enzymem fitazą – na efektywność tuczu i parametry jakościowe tuszy, przy jednoczesnym zachowaniu korzystnych warunków środowiskowych w chlewniach.

Przede wszystkim, wskaźnik konwersji paszy (FCR) będący jednym z głównych mierników efektywności produkcji, był niższy we wszystkich grupach żywieniowych, w których zastosowano mieszankę pełnoporcjową z dodatkami niż w grupach kontrolnych (mieszanka paszowa bez dodatków). Najlepszy wynik uzyskano w grupie z emulgatorem i reformulacją, w której FCR wyniósł 2,60 kg/kg przyrostu masy ciała, podczas gdy w grupach kontrolnych wartości wynosiły odpowiednio 2,90 kg/kg (gospodarstwo Iwony Czech-Kapały) i 2,75 kg/kg (gospodarstwo Łukasza Czecha). W grupach tuczników żywionych paszą z dodatkiem emulgatora, FCR osiągnął poziom 2,59 kg/kg, co jest najlepszym wynikiem spośród wszystkich testowanych wariantów. To dowodzi, że zastosowanie dodatków paszowych mogło zwiększyć strawność składników odżywczych oraz poprawić wykorzystanie energii i białka z paszy, co wprost przekłada się na mniejsze zużycie paszy do osiągnięcia tej samej masy ubojowej.

Co istotne, mięsność i wydajność rzeźna, będące kluczowymi wskaźnikami wartości rzeźnej tusz, pozostały na zbliżonym lub nawet nieco lepszym poziomie w grupach z

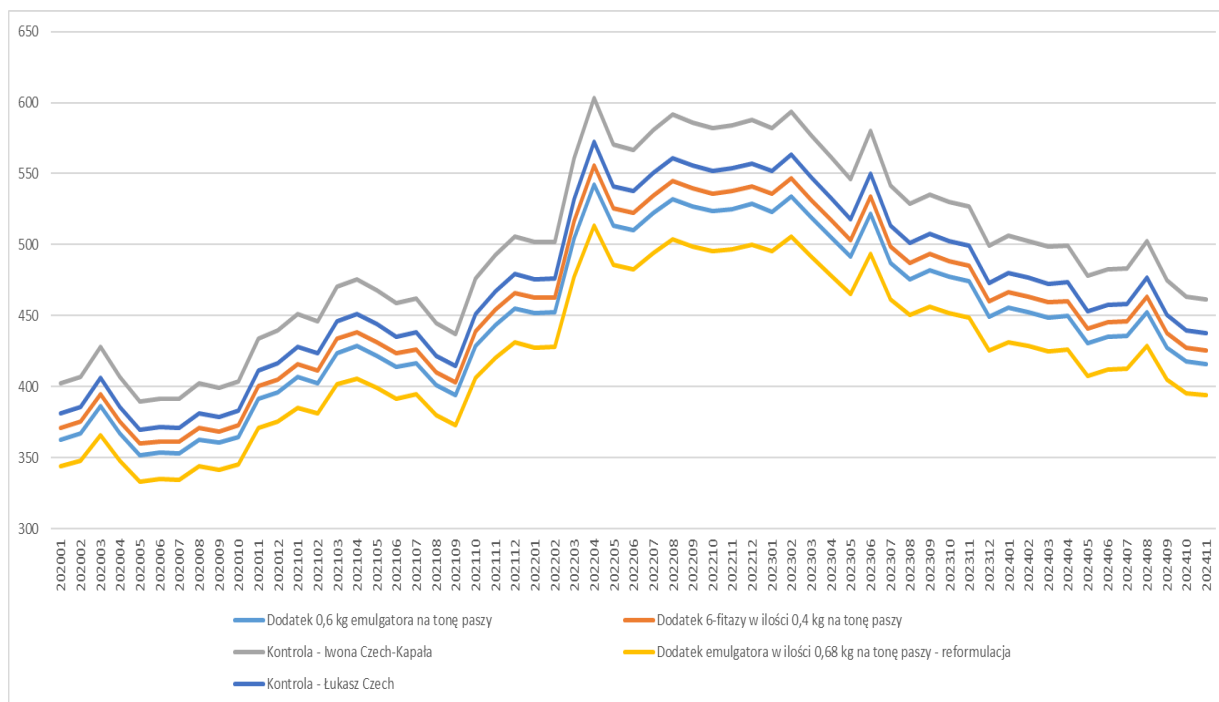


dodatkami. W przypadku mieszanek z dodatkiem emulgatora oraz fitazy, mięsność wynosiła 59%, czyli więcej niż w grupach kontrolnych (57–58%), a wydajność rzeźna utrzymywała się na poziomie 77–80%, co również wskazuje na stabilność jakościową produkcji. Zastosowanie dodatków nie pogorszyło parametrów tusz, a wręcz przeciwnie – mogło wspierać bardziej efektywny przyrost beztłuszczowej masy ciała.

Z biologicznego punktu widzenia, emulgatory paszowe mogą wspierać lepsze wchłanianie składników odżywczych w przewodzie pokarmowym, zwłaszcza tłuszczów, których przyswajalność przez świnię może być ograniczona w warunkach intensywnego tuczu. Dodatki te mogą zmniejszać napięcie powierzchniowe tłuszczów i zwiększać ich dostępność dla enzymów trawiennych. Enzym fitaza wspomaga rozkład fitynianów, zwiększając dostępność fosforu, ale także aminokwasów i niektórych składników mineralnych np. Zn, Cu, Ca. W połączeniu mogą one prowadzić do lepszego wykorzystania składników pokarmowych i szybszych przyrostów masy, przy jednoczesnym zmniejszeniu obciążenia przewodu pokarmowego. Dodatkowo zastosowana w mieszankach paszowych fitaza pozwala na optymalne wykorzystanie fosforu z fitynianów przez świnię bez potrzeby uzupełniania paszy w ten pierwiastek, a to zmniejsza jego wydalanie do środowiska. Należy pamiętać, że fosfor obok wapnia jest podstawowym składnikiem mineralnym niezbędnym do formowania kośćca, co jest szczególnie istotne dla młodych rosnących świń, które cechuje wysoki potencjał wzrostu.

Warto także odnotować, że parametry środowiskowe – zwłaszcza stężenia CO_2 – były korzystniejsze w grupach, w żywieniu których zastosowano dodatki, szczególnie w chlewni Łukasza Czecha. Wartości stężenia CO_2 wyniosły 1371–1456 ppm w porównaniu do >1800 ppm w chlewniach, w których nie stosowano dodatków. Stężenie NH_3 było wyższe w chlewni należącej do Łukasza Czecha, mogło to wynikać z różnic w zarządzaniu gnojownicą, nie zaś zastosowanej dawki pokarmowej.

Podsumowując, dane jasno pokazują, że stosowanie dodatków paszowych – zarówno w formie emulgatora oraz emulgatora w połączeniu z fitazą – prowadziło do poprawy wskaźników produkcyjnych, przy zachowaniu jakości tusz i optymalnych warunków środowiskowych. Nawet przy relatywnie niskim koszcie dodatku na tonę paszy (9–20 zł), oszczędności wynikające z poprawy FCR oraz lepszych przyrostów mogą przekraczać koszt ich zakupu, co czyni te rozwiązania szczególnie opłacalnymi w kontekście gospodarstw szukających sposobów na poprawę efektywności ekonomicznej tuczu.



Wykres 10. Efektywność ekonomiczną stosowania określonych dodatków paszowych w czasie. Koszt paszy na przyrost tucznika od 25 kg do 120 kg masy żywej wyrażono w PLN (opracowanie własne).

Analiza kosztów paszy potrzebnej na przyrost tucznika w przedziale wagowym 25 - 120 kg, przeprowadzona na podstawie danych z lat 2020–2024 jednoznacznie pokazuje, że zastosowanie innowacyjnych dodatków paszowych oraz reformulacji mieszanki paszowej znacząco poprawiło efektywność ekonomiczną tuczu trzody chlewnej. Spośród analizowanych wariantów żywieniowych, najwyższą opłacalność wykazała mieszanka zawierająca dodatek emulgatora w ilości 0,68 kg/t paszy połączona z reformulacją, czyli zamianą części kosztownych komponentów bazowych na tańsze i bardziej dostępne surowce. W każdym analizowanym miesiącu ten wariant generował najniższy koszt paszy potrzebnej do uzyskania zakładanego przyrostu masy ciała tucznika, a jego przewaga była szczególnie widoczna w okresach skokowych wzrostów cen pasz. Przykładowo, w kwietniu 2022 r., gdy koszt tony paszy przekraczał 2100 zł, koszt paszy na przyrost w tej grupie wyniósł 513 zł, podczas gdy w grupie kontrolnej sięgał aż 603 zł, co oznaczało różnicę 90 zł na sztuce – czyli ponad 14% oszczędności. Również pod koniec 2024 r. opłacalność tej mieszanki była wyraźna – koszt



paszy na przyrost utrzymywał się na poziomie ok. 394–395 zł, wobec 438–439 zł w grupie kontrolnej, co daje stałą przewagę kosztową na poziomie ok. 10%.

Dobre wyniki osiągnięto również w przypadku mieszanki paszowej z dodatkiem enzymu fitazy (0,4 kg/t) i dodatkiem paszowym (emulgatorem), średnie koszty paszy na przyrost były systematycznie niższe od grupy kontrolnej o 7–10%. Szczególnie dobrze rozwiązanie to wypadło w latach 2022–2023, a także w późniejszych miesiącach, gdzie utrzymywało wyraźną stabilność kosztową, przy jednoczesnym zachowaniu korzystnych parametrów produkcyjnych. Wariant z samym emulgatorem (0,6 kg/t), choć nieco mniej efektywny, również generował oszczędności – zwłaszcza w pierwszym okresie badania, czyli latach 2020–2021.

W przeciwieństwie do wariantów z dodatkami, obie grupy kontrolne – zarówno w gospodarstwie Iwony Czech-Kapały, jak i Łukasza Czecha – cechowały się najwyższym i najbardziej zmiennym kosztem paszy potrzebnej na jednostkowy przyrost masy ciała. Były one szczególnie podatne na wahania rynkowe i w żaden sposób nie amortyzowały szoków cenowych na rynku pasz, co czyniło je najmniej opłacalnymi rozwiązaniami w całym zestawieniu.



3.3 Mieszanki paszowe z oregano, tymiankiem, bazylią i majerankiem

Tabela 5. Wyniki dla mieszanek paszowych zawierających dodatki tymianku, oregano, bazylii, majeranku oraz fitazy (opracowanie własne).

Dodatek	Typ	Chlewnia	Stężenie CO ₂ , ppm	Stężenie NH ₃ , ppm	FCR, kg/kg	Średnia masa ciała, kg	Wybajowość	Mięsność	Koszt dodatku na t paszy, PLN
brak	kontrolna	I.Czech-Kapała	3268,45	3,76	2,74	122	77%	59%	0,00
1 kg tymianku, 1 kg oregano, 1 kg bazylii, 1 kg majeranku/t paszy	dodatek + reformulacja	I.Czech-Kapała	1911,23	3,25	2,70	113	79%	59%	41,00
brak	kontrolna	Ł. Czech	2342,60	2,21	2,77	123	77%	57%	0,00
fitaza 0,4 kg + 1 kg tymianku, 1 kg oregano, 1 kg bazylii, 1 kg majeranku/t paszy	fitaza + dodatek	Ł. Czech	1696,68	1,18	2,70	130	78%	57%	50,00
1 kg tymianku, 1 kg oregano, 1 kg bazylii, 1 kg majeranku/t paszy	dodatek	Ł. Czech	1646,89	1,13	2,68	11	78%	59%	41,00

Dane dotyczące efektywności produkcyjnej oraz parametrów środowiskowych uzyskane w ramach testowania mieszanek paszowych z dodatkiem ziół (tymianek, oregano, bazylii, majeranku), zarówno z reformulacją składu, jak i bez niej, prezentują rezultaty bardzo zbliżone pod względem wskaźników produkcyjnych, ale interesujące z punktu widzenia jakości powietrza w chlewniach i subiektywnej oceny zapachu (tabela 5). Chociaż wartości FCR, mięsności i wydajności rzeźna nie różnią się znacząco, obserwacje prowadzone w trakcie doświadczeń wskazują, że to właśnie aspekt środowiskowy i sensoryczny był najbardziej odczuwalną zmianą w grupach z dodatkami ziołowymi.

Wszystkie grupy z dodatkami paszowymi (zarówno z samymi ziołami, jak i z dodatkiem fitazy) wykazały nieco lepsze wartości FCR w porównaniu do grup kontrolnych – na poziomie 2,68–2,70 kg/kg wobec 2,74–2,77 kg/kg w kontrolach. Również wydajność rzeźna i mięsność tusz pozostały na stabilnym, zadowalającym poziomie odpowiednio 77% - 79% oraz 57–59%, co świadczy o braku negatywnego wpływu zastosowanej mieszanki ziół na parametry jakościowe końcowego produktu, a wręcz mogły wspomagać lepsze wykorzystanie składników pokarmowych.



Jednak najciekawsze wnioski wynikają z analizy parametrów środowiskowych. Stężenia dwutlenku węgla (CO_2) i amoniaku (NH_3) w chlewniach, w których świnie otrzymywały diety z dodatkami ziołowymi były zauważalnie niższe niż w grupach kontrolnych – w szczególności w chlewni Łukasza Czecha, w której poziom CO_2 obniżył się z 2343 ppm w grupie kontrolnej do 1646–1696 ppm w grupach badawczych (z dodatkami), a poziom NH_3 z 2,21 ppm do 1,13–1,18 ppm. Chociaż same wartości stężeń są istotne, równie znaczący był aspekt organoleptyczny – osoby przebywające w chlewniach zgodnie podkreślały, że w grupach z dodatkami ziołowymi powietrze miało wyraźnie mniej uciążliwy zapach, a w niektórych przypadkach nawet dało się zauważyć przyjemniejszy aromat pasz.

Najbardziej prawdopodobnym wyjaśnieniem tych okoliczności jest działanie olejków eterycznych zawartych w podawanych ziołach. Tymianek, oregano, bazylia i majeranek to rośliny o dobrze udokumentowanych właściwościach przeciwbakteryjnych, przeciwgrzybiczych i aromatyzujących oraz jako regulatory przemiany materii. Ich bioaktywne związki, po przejściu przez przewód pokarmowy świń, są częściowo metabolizowane, ale też częściowo wydalone w formie, która wpływała na profil zapachowy gnojowicy. W praktyce oznacza to, że nie tylko redukowały powstawanie odorów u źródła, ale również mogły działać jako naturalne maskujące związki lotne, które zmieniały zapach pomieszczeń inwentarskich w sposób zauważalny dla ludzi.

Co interesujące, nie obserwowano wyraźnej korelacji pomiędzy tym efektem a parametrami produkcyjnymi, co sugeruje, że efekt zapachowy jest niezależnym mechanizmem, działającym równolegle do efektów metabolicznych dodatków paszowych. Można również przypuszczać, że ograniczenie odorów poprawiało dobrostan zwierząt, prowadząc do bardziej stabilnych zachowań behawioralnych, mniejszego stresu i poprawy smakowitości paszy zwiększając jej pobranie, chociaż nie zostało to potwierdzone wynikami badań własnych.

Warto zaznaczyć, że różnice między grupami były liczbowe, ale subtelne, co może wskazywać, że maksymalny potencjał tych dodatków ujawniłby się w warunkach mniej zoptymalizowanych chlewni – np. z mniej wydajnym systemem wentylacji, niższą higieną czy większym zagęszczeniem zwierząt. W warunkach testowych gospodarstw Iwony Czech-Kapała i Łukasz Czech warunki środowiskowe były zapewnione zwierzętom na wysokim poziomie, dlatego efekt maskujący ziół miał bardziej symboliczne znaczenie – ale bardzo widoczne w codziennej pracy i odczuwaniu komfortu.

Podsumowując, pomimo, że wskaźniki produkcyjne w badanych grupach były do siebie bardzo zbliżone, największą różnicę stwierdzono w subiektywnej ocenie warunków



środowiskowych. Dodatki ziołowe nie tylko nie pogarszały wyników produkcyjnych, ale też poprawiały jakość powietrza w chlewni, dzięki działaniu olejków eterycznych, które wpływały na zapach odchodów i gnojowicy. To odkrycie otwiera ciekawy kierunek dalszych badań nad sensoryczną jakością chowu oraz możliwościami zarządzania zapachem w produkcji zwierzęcej przy użyciu naturalnych składników paszowych.



Wykres 11. Ekonomiczność stosowania określonych dodatków paszowych w czasie. Koszt paszy na przyrost tucznika od 25 kg do 120 kg żywej wagi w złotych (opracowanie własne).

Analiza danych kosztowych dotyczących paszy niezbędnej do uzyskania przyrostu tucznika w tuczu od 25 do 120 kg masy ciała w okresie od stycznia 2020 r. do listopada 2024 r. wskazuje, że wszystkie testowane mieszanki z dodatkami ziołowymi – zarówno w wariantcie z reformulacją, jak i z dodatkiem enzymu fitazy – konsekwentnie obniżały jednostkowy koszt żywienia względem grup kontrolnych. Choć różnice nie były duże, ich stabilność i systematyczność pokazują, że nawet niewielkie modyfikacje receptur mogą przynosić mierzalne efekty ekonomiczne w całym cyklu produkcyjnym.

Najlepsze wyniki w ujęciu średnim osiągała grupa otrzymująca paszę z dodatkiem tymianku, oregano, bazylii i majeranku, w której zastosowano reformulację składu paszy – była to najtańsza opcja w prawie każdym miesiącu badania, często o 20–25 zł tańsza niż grupa kontrolna. W szczytowych momentach cen pasz (np. kwiecień–sierpień 2022 r.) koszt paszy w grupie kontrolnej (gospodarstwo Łukasza Czecha) wynosił nawet 576 zł, podczas gdy reformulowana mieszanka kosztowała 539 zł, co oznacza oszczędność rzędu 37 zł w



przeliczeniu na 1 tucznika. Różnice tej skali miały szczególnie duże znaczenie przy dużej skali produkcji i wysokiej presji kosztowej.

Bardzo dobre wyniki uzyskała także grupa tuczników żywionych mieszanką pełnoporcjową z tymi samymi ziołami uzupełniona dodatkiem fitazy w ilości 0,4 kg/t – jej koszt był zazwyczaj o 15–20 zł niższy niż w grupach kontrolnych. Co istotne, także wersja z samymi ziołami (bez enzymu i bez reformulacji) systematycznie obniżała koszty względem pasz bazowych – przeciętnie o 10–15 zł/tucznik, a w niektórych miesiącach różnica sięgała ponad 20 zł.

Grupy kontrolne – zarówno w chlewni Iwony Czech-Kapały, jak i Łukasza Czecha – charakteryzowały się najwyższymi kosztami paszy przez cały okres badania, a ponadto były one najbardziej podatne na wahania rynkowe. Ich wartość wahała się od 370 zł na początku 2020 r. do ponad 570 zł w roku 2022, co pokazuje ich słabą odporność na szoki cenowe i brak elastyczności kosztowej.

Podsumowując, dane jednoznacznie wskazują, że każdy z wariantów paszowych zawierających naturalne dodatki ziołowe był bardziej opłacalny niż stosowane dotąd mieszanki kontrolne. Reformulacja składu w połączeniu z dodatkami ziołowymi okazała się najbardziej ekonomiczna, natomiast dodatek enzymatyczny dodatkowo wspierał efektywność w warunkach wysokiej presji cenowej. Wdrożenie takich mieszanek mogłoby zatem realnie zwiększyć rentowność gospodarstw trzody chlewnej, ograniczając jednocześnie zależność od rynkowych wahań cen zbóż i komponentów paszowych.



3.4 Mieszanki paszowe z czosnkiem, pokrzywą, ostropestem i majerankiem

Tabela 6. Wyniki dla mieszanek paszowych zawierających dodatek czosnku, pokrzywy, ostropestu i majeranku oraz fitazy (opracowanie własne).

Dodatek	Typ	Chlewnia	Stężenie CO ₂ , ppm	Stężenie NH ₃ , ppm	FCR, kg/kg	Średnia masa ciała, kg	Wybajowość	Mięsność	Koszt dodatku na t paszy, PLN
2 kg czosnku, pokrzywy, ostropestu + fitaza 0,4 kg/t paszy	fitaza + dodatek	Ł. Czech	1376,45	2,24	2,62	125	79%	58%	63,60
2 kg czosnku, pokrzywy, ostropestu/t paszy	dodatek	Ł. Czech	1252,74	2,15	2,58	124	78%	58%	54,60
brak	kontrola	Ł. Czech	1399,54	1,58	2,75	133	78%	59%	0,00
2 kg czosnku, pokrzywy, ostropestu i majeranku/ t paszy	dodatek + reformulacja	I.Czech-Kapała	1099,43	1,49	2,64	118	78%	59%	54,60
brak	kontrola	I.Czech-Kapała	1308,40	1,26	2,67	119	77%	57%	0,00

Analiza wyników produkcyjnych i środowiskowych dla mieszanek paszowych z dodatkiem mieszaniny ziół (czosnek, pokrzywa, ostropest) i fitazy wykazała, że zastosowanie ziół oraz – w jednym wariancie – majeranku i enzymu fitazy wpłynęło pozytywnie na szereg kluczowych parametrów produkcyjnych w porównaniu z grupami kontrolnymi.

Najniższy wskaźnik zużycia paszy (FCR) zanotowano w grupie z dodatkiem czosnku, pokrzywy i ostropestu bez fitazy – 2,58 kg/kg, co wskazuje na bardzo efektywne wykorzystanie paszy w tej grupie tuczników. W grupie kontrolnej FCR osiągnął najwyższy poziom – 2,75 kg/kg przyrostu masy ciała. Te różnice świadczą o korzystnym wpływie dodatków ziołowych na trawienie i wykorzystanie składników odżywczych, co może przekładać się na realne oszczędności żywieniowe przy zachowaniu wydajności produkcji.

Wydajność rzeźna w grupach z dodatkami ziołowymi była również nieco wyższa (78–79%) niż w kontroli (77–78%), a mięsność utrzymała się na stabilnym poziomie 58–59%.

Na uwagę zasługuje również aspekt środowiskowy, zwłaszcza pod względem stężenia CO₂ w powietrzu chlewni. W każdej grupie tuczników żywionych mieszanką paszową z dodatkami ziołowymi stężenie CO₂ było niższe niż w grupie kontrolnej – szczególnie wyróżniała się mieszanka z dodatkiem czosnku, pokrzywy i majeranku z reformulacją



(gospodarstwo Iwony Czech-Kapały), odnotowano wartość 1099 ppm, co jest jednym z najniższych wyników spośród wszystkich testowanych wariantów w całym projekcie. Uzyskane wyniki wskazują, że dodatki roślinne wpływają na poprawę metabolizmu i ogólnych warunków środowiskowych w chlewni.

Koszt dodatków na tonę paszy wahał się między 54,60 zł a 63,60 zł, co – biorąc pod uwagę lepszą efektywność FCR i korzystniejsze parametry środowiskowe – może być uzasadnionym wydatkiem w kontekście długoterminowej optymalizacji kosztów produkcji. Szczególnie wartościowy wydaje się wariant bez fitazy, który przy najniższym koszcie dodatku wykazał najlepszy wskaźnik FCR.

Podsumowując, wyniki wskazują, że pełnoporcjowe mieszanki paszowe wzbogacone o mieszaninę ziół (czosnek, pokrzywa i ostropest) z/bez dodatku fitazy mogą stanowić skuteczne narzędzie poprawy efektywności żywienia i środowiska chowu świń, zachowując przy tym stabilne parametry jakościowe produkcji. Warto podkreślić, że różnice były subtelne, ale konsekwentne, co potwierdza zasadność dalszego rozwijania i testowania tego typu dodatków w kontekście praktycznego ich wdrożenia.



Wykres 12. Ekonomiczność stosowania określonych dodatków paszowych w czasie. Koszt paszy na przyrost tucznika od 25 kg do 120 kg żywej wagi w PLN (opracowanie własne).

Analiza długookresowych danych (2020–2024) dotyczących kosztów paszy niezbędnej do uzyskania przyrostu tucznika od 25 do 120 kg masy ciała dla różnych wariantów żywieniowych pokazała, że stosowanie dodatków zielonych – takich jak czosnek, pokrzywa, ostropest oraz majeranek – przynosiło trwałe korzyści ekonomiczne względem pasz



kontrolnych, niezależnie od wahań rynkowych cen surowców. Szczególnie wyróżniały się dwa rozwiązania: mieszanka z dodatkiem 3 ziół (czosnek, pokrzywa, ostropest) bez enzymów oraz mieszanka zawierająca te same dodatki z majerankiem i reformulacją składu paszy (zastosowana w gospodarstwie Iwony Czech-Kapały).

W okresach wysokich cen paszy, zwłaszcza w latach 2022–2023, kiedy koszt paszy dla grup kontrolnych sięgał nawet 572 zł na przyrost tucznika, warianty z dodatkami ziołowymi obniżały ten koszt nawet o 20–30 zł na sztuce. Na przykład w kwietniu 2022 r. pasza w grupie kontrolnej w chlewni Łukasza Czecha kosztowała 572 zł, podczas gdy w grupie z dodatkiem bez fitazy – tylko 550 zł, a w gospodarstwie Iwony Czech-Kapały – zaledwie 530 zł. Oszczędności te utrzymywały się na przestrzeni całego cyklu badań i miały charakter stały, a nie incydentalny, co wskazuje na realny i powtarzalny wpływ dodatków na poprawę efektywności żywieniowej.

Co istotne, mieszanka z samymi dodatkami ziołowymi (bez fitazy) przez większość okresu osiągała najlepszy stosunek ceny do skuteczności, utrzymując bardzo stabilny poziom kosztów paszy – przeciętnie o 15–20 zł niższy niż w grupie kontrolnej. Dodatek fitazy poprawiał wyniki w niektórych okresach, ale nie dawał tak trwałej przewagi, jak same zioła. Prawdopodobnie miało to związek z wysoką ogólną efektywnością samych dodatków oraz możliwym nasyceniem enzymatycznym w paszy.

Z kolei mieszanka z dodatkami i reformulacją (gospodarstwo Iwony Czech-Kapały) wypadła korzystnie nie tylko ze względu na niskie koszty – bardzo często najniższe w całej analizowanej tabeli – ale również ze względu na prostotę i skalowalność rozwiązania, co czyni ją atrakcyjną opcją dla gospodarstw chcących szybko wdrożyć innowacyjne podejście bez dużych inwestycji w technologię paszową.

Podsumowując, każdy z testowanych wariantów z dodatkami ziołowymi przynosił wymierne korzyści kosztowe względem tradycyjnego żywienia, a ich efektywność była szczególnie widoczna w okresach niestabilności cen. Różnice rzędu 20–30 zł na sztuce mogą wydawać się niewielkie w ujęciu jednostkowym, ale przy produkcji liczonej w setkach czy tysiącach tuczników, mogą one oznaczać znaczącą poprawę marży całego gospodarstwa.



3.5 Mieszanka paszowa z dodatkiem glicynianów

Tabela 7. Wyniki dla mieszanek paszowych zawierających dodatek chelatów glicynowych pierwiastków śladowych (Zn, Cu, Mn) oraz fitazy (opracowanie własne).

Dodatek	Typ	Chlewnia	Stężenie CO ₂ , ppm	Stężenie NH ₃ , ppm	FCR, kg/kg	Średnia masa ciała, kg	Wybajowość	Mięsność	Koszt dodatku na t paszy, PLN
brak	kontrola	I.Czech-Kapała	2540,60	2,14	2,76	121	78%	58%	0,00
0,4 kg chelaty glicynowe pierwiastków śladowych (Zn, Cu, Mn)/t paszy	dodatek + reformulacja	Ł. Czech	2236,54	1,95	2,69	118	78%	59%	6,88
0,4 kg chelaty glicynowe pierwiastków śladowych (Zn, Cu, Mn)/t paszy	dodatek	Ł. Czech	2057,35	1,56	2,75	118	78%	58%	6,88
0,4 kg chelaty glicynowe pierwiastków śladowych (Zn, Cu, Mn) + 0,4 kg fitazy/t paszy	fitaza + dodatek	Ł. Czech	1985,21	1,41	2,62	125	77%	59%	15,89
brak	kontrola	Ł. Czech	-	-	2,75	125	77%	58%	0,00

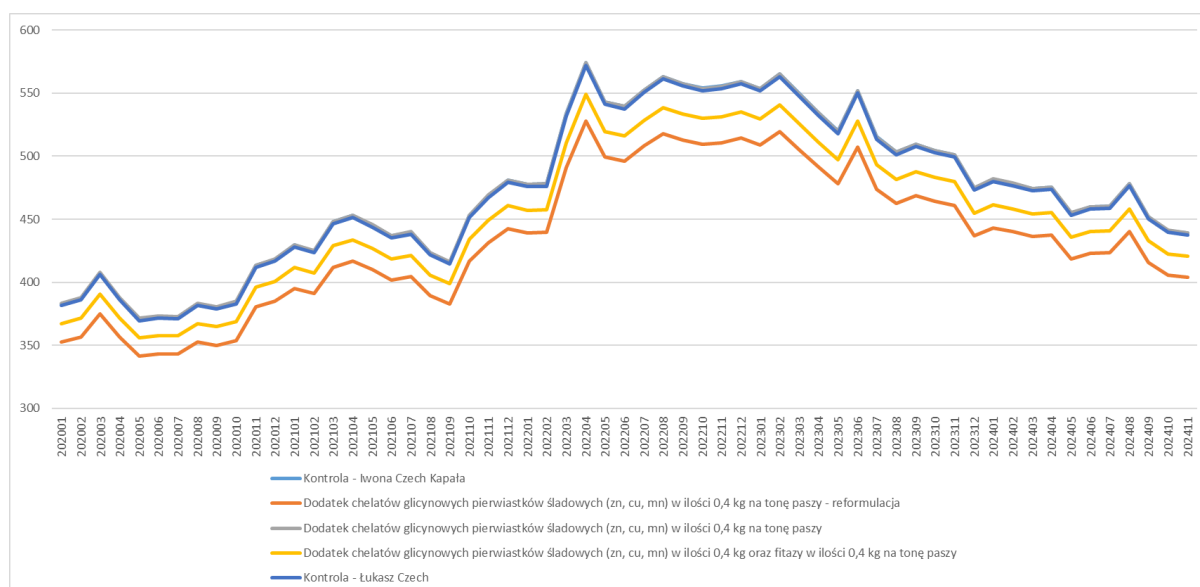
Wyniki uzyskane dla mieszanek paszowych z dodatkiem chelatów glicynowych pierwiastków śladowych (Zn, Cu, Mn) wskazują, że choć różnice w parametrach produkcyjnych i środowiskowych względem grup kontrolnych nie były duże, to jednak korzyści były wyraźnie zauważalne, a ich znaczenie rośnie szczególnie w kontekście niskiego kosztu zastosowania tej innowacji. Glicyniany zwiększają dostępność składników mineralnych, wpływają korzystnie na skład mikrobioty, przez co poprawiają gospodarkę mineralną organizmu. Zastosowany dodatek chelatów glicynowych w ilości 0,4 kg na tonę paszy kosztowały zaledwie 6,88 zł/t, a w wariancie z dodatkową fitazą – łącznie 15,89 zł/t, co stanowi jeden z najniższych kosztów dodatków testowanych w projekcie.

W chlewni Iwony Czech-Kapały, gdzie zastosowano ten dodatek z reformulacją mieszanki, FCR obniżył się z 2,76 kg/kg do 2,69 kg/kg, przy jednoczesnym spadku stężenia CO₂ o ponad 300 ppm i niższym poziomie amoniaku (NH₃) – z 2,14 do 1,95 ppm. Parametry takie jak mięsność i wydajność rzeźna pozostały stabilne lub uległy niewielkiej poprawie, co świadczy o tym, że zmiana była bezpieczna i nie wpłynęła negatywnie na jakość tusz.



W gospodarstwie Łukasza Czecha odnotowano jeszcze lepsze rezultaty w przypadku połączenia glicynianów z fitazą – FCR obniżył się do 2,62 kg/kg, a mięsność wzrosła do 59%, osiągając najlepszy wynik w tej serii. Dodatkowo odnotowano najniższe stężenie CO₂ i NH₃ – odpowiednio 1985 ppm i 1,41 ppm, co może świadczyć o poprawie trawienia i efektywniejszym metabolizmie składników mineralnych. Nawet samodzielne zastosowanie glicynianów w tym gospodarstwie dawało wynik FCR identyczny jak w grupie kontrolnej, ale przy poprawie parametrów środowiskowych.

Podsumowując, chociaż efekty produkcyjne i środowiskowe są umiarkowane, niski koszt wdrożenia sprawia, że dodatki takie jak chelaty glicynowe mogą być atrakcyjnym rozwiązaniem również dla mniejszych gospodarstw.



Wykres 13. Ekonomiczność stosowania określonych dodatków paszowych w czasie. Koszt paszy na przyrost tucznika od 25 kg do 120 kg żywej wagi w PLN (opracowanie własne).

Analiza długoterminowych danych dotyczących kosztu paszy niezbędnej do uzyskania przyrostu tucznika w tuczu od 25 do 120 kg dla wariantów z dodatkami chelatów glicynowych pierwiastków śladowych (Zn, Cu, Mn) wskazuje na niewielkie, ale powtarzalne różnice między grupami doświadczalnymi i kontrolnymi. Odchylenia wartości w poszczególnych miesiącach są relatywnie małe, co sugeruje, że efekty działania dodatków glicynianowych są stabilne, choć nie spektakularne.

W grupie, w której dodatek glicynianów został połączony z reformulacją mieszanki paszowej, konsekwentnie notowano najniższe wartości kosztu paszy. Przykładowo, w kwietniu 2022 r. (szczyt cen pasz), koszt w tej grupie wynosił 528 zł, podczas gdy w grupie kontrolnej



w gospodarstwie Iwony Czech-Kapały było to 574 zł – co daje różnicę 46 zł na tucznika, czyli ok. 8% oszczędności. Podobny efekt utrzymywał się w wielu innych miesiącach – także w 2023 i 2024 r. – gdzie różnica na poziomie 20–35 zł była systematycznie obserwowana. To pokazuje, że w połączeniu z przemyślaną reformulacją składu, glicyniany mogą realnie wpływać na poprawę efektywności ekonomicznej.

Zastosowanie samego dodatku glicynianów bez reformulacji, zarówno w chlewni Iwony Czech-Kapały, jak i Łukasza Czecha, nie przynosiło już wyraźnych korzyści kosztowych – wartości te niemal pokrywały się z wynikami grup kontrolnych. Podobne wyniki uzyskano w grupie z dodatkiem glicynianów i fitazy – mimo, że ta grupa często miała nieco niższe koszty niż kontrola, to różnice były niewielkie i niesystematyczne (zwykle poniżej 10 zł różnicy na sztuce), co może wskazywać na ograniczoną synergiczność działania glicynianów z enzymami w tym konkretnym układzie pokarmowym i żywieniowym.

Warto podkreślić, że koszt dodatku glicynianów jest bardzo niski – zaledwie 6,88 zł na tonę paszy, a nawet z dodatkiem fitazy nie przekracza 15,89 zł – dlatego nawet niewielkie pozytywne efekty jego stosowania mogą być uzasadnione ekonomicznie. Niska cena wdrożenia sprawia, że dodatek ten może być atrakcyjny dla gospodarstw, które szukają prostych sposobów optymalizacji żywienia, jednak wyniki sugerują, że jego pełny potencjał ujawnia się dopiero w odpowiednim kontekście technologicznym, zwłaszcza w powiązaniu z reformulacją.

Podsumowując, efektywność stosowania glicynianów pierwiastków śladowych okazała się umiarkowana, ale pozytywna – szczególnie w zestawieniu z reformulacją. Wyniki te wskazują, że nawet niewielkie innowacje w zakresie dodatków paszowych mogą przynosić korzyści, choć ich skuteczność zależy od szerszego kontekstu składu paszy i warunków środowiskowych. Z tego względu zaleca się podejście ostrożne, ale otwarte – jako element testowania i indywidualnej optymalizacji w praktyce gospodarskiej.



3.6 Mieszanki paszowe z dodatkiem kielków oraz ziół

Tabela 8. Wyniki dla mieszanek paszowych zawierających dodatek liofilizowanych i fermentowanych kielków, dodatek czosnku i bazylii oraz fitazy (opracowanie własne).

Dodatek	Typ	Chlewnia	Stężenie CO ₂ , ppm	Stężenie NH ₃ , ppm	FCR, kg/kg	Średnia masa ciała, kg	Wybajowość	Mięsność	Koszt dodatku na t paszy, PLN
lioofilizowane i fermentowane kielki 4,5 kg/t paszy	dodatek	Ł. Czech	1877,96	2,49	2,70	129	79%	59%	318,00
lioofilizowane i fermentowane kielki 4,5 kg + 0,4 kg fitazy/t paszy	dodatek + fitaza	Ł. Czech	2365,65	2,46	2,67	130	78%	58%	328,50
brak	kontrola	Ł. Czech	2320,22	2,45	2,71	124	80%	58%	0,00
brak	kontrola	I.Czech-Kapała	1313,45	1,05	2,81	124	78%	58%	0,00
po 2 kg czosnku o bazylii/ t paszy	dodatek + reformulacja	I.Czech-Kapała	979,22	0,90	2,72	122	79%	57%	32,80

W pierwotnej koncepcji Grupy Operacyjnej przygotowującej projekt FeedImproved kluczową rolę miało odgrywać żywienie oparte na różnorodnych preparatach roślinnych, ze szczególnym uwzględnieniem liofilizowanych i fermentowanych kielków. Na etapie tworzenia wniosku projektowego zakładano, że właśnie ta grupa surowców roślinnych – dzięki swoim właściwościom enzymatycznym, zawartości związków bioaktywnych oraz możliwym efektom probiotycznym – stanie się fundamentem dla opracowania nowej generacji mieszanek paszowych. Kielki były traktowane jako źródło synergicznie działających substancji: enzymów naturalnych, fitobiotyków, aminokwasów oraz łatwo dostępnych witamin i składników mineralnych.

Jednak już na etapie przygotowywania szczegółowego kosztorysu oraz rozmów z dostawcami usług technologicznych pojawiły się pierwsze sygnały ostrzegawcze. Wzrost cen energii elektrycznej, kosztów przetwarzania (fermentacji i liofilizacji) oraz wydatków na przygotowanie pasz przemysłowych z tymi komponentami sprawił, że zastosowanie tego modelu żywienia jako podstawy projektu wiązałoby się z nadmiernym ryzykiem finansowym. W związku z tym zdecydowano się pozostawić w części eksperymentalnej tylko jeden komponent na bazie kielków – zarówno w wersji bez dodatku enzymu, jak i z dodatkiem fitazy.

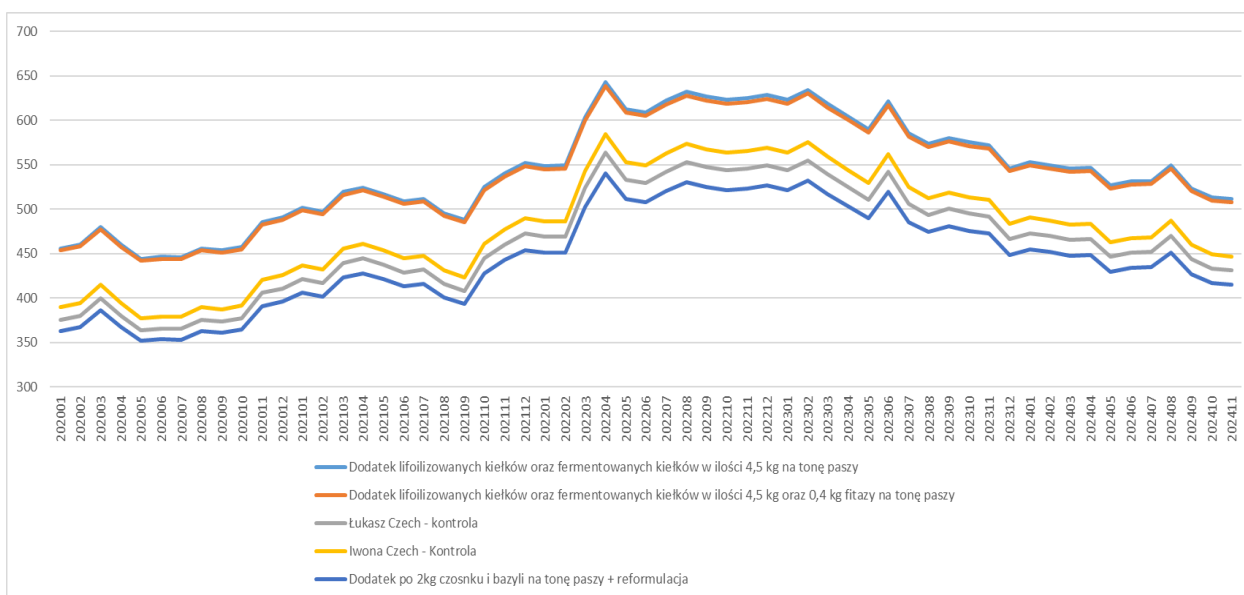


Analiza wyników tej części doświadczeń potwierdziła słuszność wcześniejszych przewidywań. Uzyskano poprawne wartości parametrów produkcyjnych w grupie tuczników otrzymujących w paszy dodatek kielków liofilizowanych – FCR wyniósł odpowiednio 2,70 kg/kg (dodatek bez enzymu) i 2,67 kg/kg (z fitazą), to jednak koszt dodatku – sięgający odpowiednio 318,00 zł i 328,50 zł na tonę paszy – znacząco przewyższał inne rozwiązania testowane w projekcie. Jednocześnie parametry środowiskowe, takie jak stężenie CO₂, były zbliżone do tych z grupy kontrolnej – np. w wariancie z fitazą zanotowano nawet wyższe stężenie CO₂ (2365 ppm) niż w grupie kontrolnej w tym samym gospodarstwie (2320 ppm), co może być efektem indywidualnych warunków mikroklimatycznych lub różnic w metabolizmie składników pokarmowych.

W tym samym czasie, w gospodarstwie Iwony Czech-Kapały, podjęto decyzję o zastąpieniu komponentów kielkowych mieszanką prostszych, dobrze znanych ziół – czosnku i bazylii, w ilości po 2 kg na tonę paszy. Rozwiązanie to okazało się wyjątkowo efektywne – mimo znacznie niższego kosztu dodatku (zaledwie 32,80 zł na tonę), uzyskano poprawny poziom FCR (2,72 kg/kg) oraz bardzo dobre parametry środowiskowe. Szczególnie imponujące było niskie stężenie amoniaku (0,90 ppm) oraz stężenie CO₂ – 979 ppm, co może świadczyć o pozytywnym wpływie zastosowanych ziół na procesy trawienne oraz mikroflorę jelitową, a w konsekwencji – na metabolizm azotu i ogólną kondycję zwierząt.

Warto zaznaczyć, że chociaż grupa eksperymentalna z zastosowaniem dodatku kielków w żywieniu tuczników nie przyniosła oczekiwanych rezultatów, to jednak przeprowadzenie tego tuczu było istotne z perspektywy testowania innowacyjnych składników paszowych i budowania know-how w zakresie ich wdrażania. Doświadczenia zdobyte w tym zakresie pozwolą w przyszłości lepiej ocenić potencjał fermentowanych i liofilizowanych komponentów oraz zoptymalizować ich produkcję i dawkowanie w kierunku poprawy opłacalności.

Podsumowując, hipoteza badawcza dotycząca wykorzystania kielków jako dodatku paszowego w żywieniu rosnących świń nie została potwierdzona doświadczalnie, to projekt wykazał dużą elastyczność w adaptacji rozwiązań alternatywnych, a jednocześnie wzbogacił wiedzę operacyjną partnerów o konkretne informacje technologiczne i kosztowe. Wdrożenie komponentów ziołowych jako zamiennika okazało się trafną decyzją, dającą zarówno efekty środowiskowe, jak i produkcyjne przy relatywnie niskim koszcie – co czyni ten wariant interesującą propozycją dla praktyki rolniczej.



Wykres 14. Ekonomiczność stosowania określonych dodatków paszowych w czasie. Koszt paszy na przyrost tucznika od 25 kg do 120 kg żywej wagi w PLN (opracowanie własne).

Analiza długookresowych danych kosztowych dotyczących paszy niezbędnej do uzyskania przyrostu tucznika w tuczu od 25 do 120 kg masy ciała jednoznacznie pokazała, że mieszanki zawierające liofilizowane i fermentowane kielki były zdecydowanie najdroższym wariantem spośród wszystkich testowanych rozwiązań. W obu konfiguracjach – zarówno z samymi kielkami, jak i z dodatkiem 0,4 kg fitazy na tonę paszy – miesięczny koszt przyrostu utrzymywał się na najwyższym poziomie przez cały analizowany okres (2020–2024).

W szczytowym momencie cenowym (np. w kwietniu 2022 r.) koszt ten osiągnął 643 zł/tucznik dla grupy z kielkami, co oznacza wartość nawet o 100–120 zł wyższą niż w grupach kontrolnych. Nawet w okresach spadków cen paszy – w latach 2023–2024 – koszt ten wciąż pozostawał wyraźnie wyższy niż w innych wariantach, regularnie przekraczając 500 zł/tucznik, podczas gdy grupy kontrolne i alternatywne oscylowały wokół 450–480 zł.

Natomiast dodatek czosnku i bazylii w ilości po 2 kg na tonę paszy w połączeniu z reformulacją mieszanki bazowej wykazał ponownie swoją efektywność kosztową. Mieszanka ta – o znacznie niższym koszcie dodatku (32,80 zł/t) – umożliwiła zastosowanie tańszych komponentów paszowych, jednocześnie nie pogarszając wyników produkcyjnych. W rzeczywistości, w wielu miesiącach był to najtańszy wariant paszowy, uzyskujący regularnie



oszczędności rzędu 40–60 zł/tucznik w porównaniu do grupy z kielkami, a nawet 10–20 zł względem grup kontrolnych.

Stabilność kosztów w tej grupie (z czosnkiem i bazylią + reformulacja) była dobra – w szczytowym okresie kosztowym 2022 r. wartości te nie przekraczały 540 zł, a w ostatnich miesiącach 2024 r. spadły poniżej 420 zł, co czyni ten wariant szczególnie atrakcyjnym dla gospodarstw poszukujących tanich, a jednocześnie skutecznych rozwiązań paszowych. Dodatkowo, jak wcześniej wykazano, wariant ten charakteryzował się także korzystnym wpływem na parametry środowiskowe (obniżone stężenia CO₂ i NH₃), co czyni go interesującym także z punktu widzenia wymogów Zielonego Ładu i zrównoważonej produkcji.

Podsumowując, koncepcja wykorzystania liofilizowanych i fermentowanych kielków była ciekawym pomysłem jednak jej zastosowanie w obecnych warunkach ekonomicznych okazało się mało opłacalne. Bardzo wysoki koszt komponentu przełożył się bezpośrednio na najwyższy koszt uzyskania przyrostu. Z kolei dodatki ziołowe połączone z reformulacją – proste, tanie i funkcjonalne – po raz kolejny potwierdziły swoją wartość, oferując niższy koszt jednostkowy przy porównywalnych lub lepszych rezultatach produkcyjnych. Wnioski te mają duże znaczenie praktyczne i mogą stanowić rekomendację do wdrażania takich rozwiązań na szerszą skalę w gospodarstwach trzody chlewnej.



3.7 Mieszanki paszowe z dodatkiem probiotycznym

Tabela 9. Wyniki dla mieszanek paszowych zawierających dodatek bakterii probiotycznych *Bacillus* oraz fitazy (opracowanie własne).

Dodatek	Typ	Chlewnia	Stężenie CO ₂ , ppm	Stężenie NH ₃ , ppm	FCR, kg/kg	Średnia masa ciała, kg	Wybajowość	Mięsność	Koszt dodatku na t paszy, PLN
brak	kontrola	Ł. Czech	1398,35	1,95	2,77	121	77%	57%	0,00
Bakterie <i>Bacillus</i> 0,55 kg/t paszy	dodatek	Ł. Czech	1293,53	1,77	2,60	127	78%	58%	29,15
Bakterie <i>Bacillus</i> 0,55 kg + 0,4 kg fitaza/t paszy	dodatek + fitaza	Ł. Czech	1322,12	1,20	2,55	117	78%	59%	38,15
Bakterie <i>Bacillus</i> 0,55 kg/t paszy + reformulacja	dodatek + reformulacja	I.Czech-Kapała	2037,36	0,82	2,77	121	81%	59%	29,15
brak	kontrola	I.Czech-Kapała	2603,85	0,81	2,79	120	77%	57%	0,00

Wyniki zastosowania w żywieniu tuczników mieszanek paszowych zawierających dodatek bakteryjny - szczep *Bacillus* spp. wskazały, że rozwiązanie to może mieć pozytywny wpływ na niektóre parametry produkcyjne i środowiskowe, jednak jego skuteczność uzależniona jest od składu mieszanki paszowej – zwłaszcza w odniesieniu do reformulacji komponentów bazowych.

W gospodarstwie Łukasza Czecha zastosowanie omawianego probiotyku w ilości 0,55 kg/t spowodowało wyraźną poprawę wskaźnika FCR – z 2,77 kg/kg do 2,60 kg/kg, przy jednoczesnym nieznacznym zwiększeniu wydajności rzeźni i mięsności. Co istotne, stężenie CO₂ oraz NH₃ uległo zauważalnemu obniżeniu, co sugeruje, że dodatek ten o charakterze probiotycznym poprawił zdrowotność przewodu pokarmowego i regulował procesy metaboliczne. Lepsze wyniki zanotowano w wariancie z dodatkiem probiotyku i fitazy – wskaźnik FCR obniżył się do 2,55 kg/kg, a mięsność osiągnęła 59%, co było jednym z najwyższych wyników w całym doświadczeniu. Stężenie amoniaku również znacząco spadło – aż do 1,20 ppm, co potwierdza, że połączenie probiotyku z enzymem może działać synergistycznie na mikrobiotę jelitową oraz efektywność trawienia.

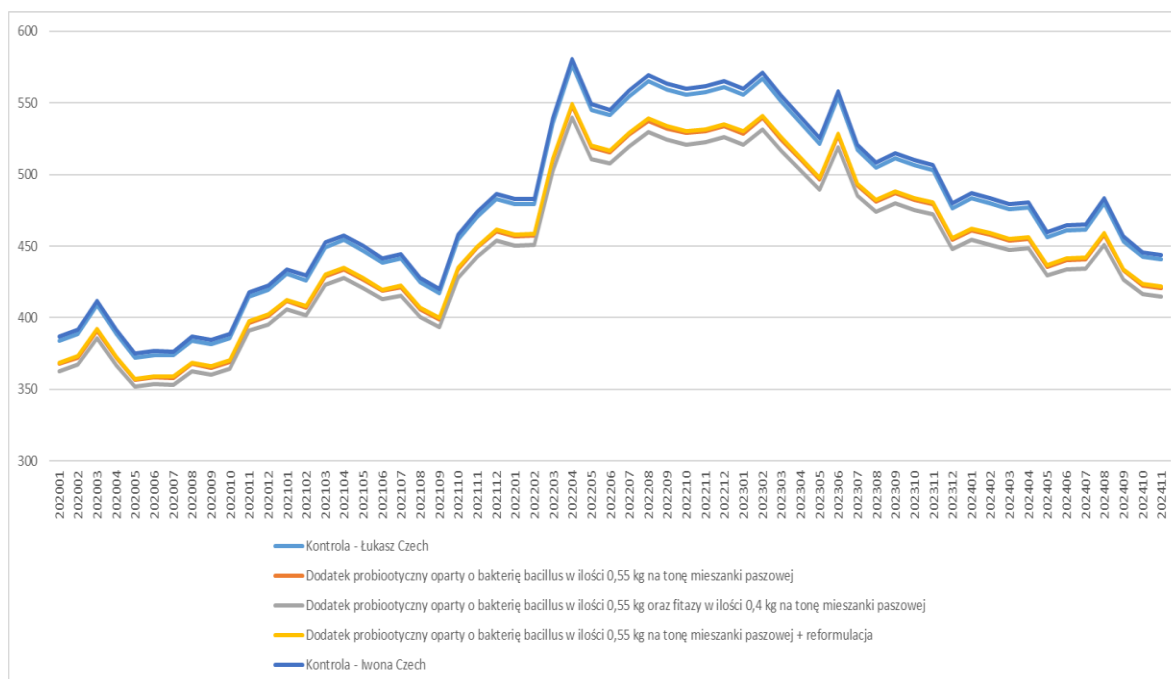
W gospodarstwie Iwony Czech-Kapała, w żywieniu świń zastosowano dodatek probiotyczny połączony z reformulacją mieszanki paszowej i nie odnotowano wyraźnej poprawy FCR – wartość ta pozostała na poziomie 2,77 kg/kg, niemal identycznym jak w grupie kontrolnej (2,79 kg/kg). Uzyskano poprawę w wydajności rzeźni (81%) i mięsności (59%),



ale nie przełożyło się to bezpośrednio na zmniejszenie zużycia paszy, co czyni ten wariant mniej atrakcyjnym ekonomicznie niż inne reformulacje testowane w projekcie. Ponadto, mimo zauważalnego obniżenia stężenia CO₂ (z 2603 ppm do 2037 ppm), uzyskane wartości wciąż były znacznie wyższe niż w grupach z gospodarstwa Łukasza Czecha.

Można przypuszczać, że dodatek bakteryjny działa bardziej korzystnie w warunkach standardowej lub enzymatycznie wspomaganej mieszanki niż w układzie pasz zreformulowanych, które mogą posiadać inne proporcje błonnika, skrobi czy substancji antyodżywczych. Probiotyki, takie jak szczepy *Bacillus*, koncentrują się na stabilizacji mikrobiomu, poprawie zdrowia jelit i redukcji czynników stresowych, co nie zawsze musi przekładać się bezpośrednio na wydajniejsze przekształcanie paszy w przyrost masy ciała, jeśli podstawowe parametry trawienia nie są jednocześnie optymalizowane innymi dodatkami funkcjonalnymi.

Dodatek probiotyczny może być wartościowym komponentem strategii żywieniowej w tuczu świń, szczególnie gdy towarzyszy mu enzym, ale jego skuteczność może być ograniczona w połączeniu z reformulacją, która sama w sobie wpływa na strawność i strukturę mieszanki. Dlatego przy wdrażaniu takich dodatków warto zachować ostrożność i dokładnie przeanalizować ich interakcje z innymi komponentami receptury.



Wykres 15. Efekt ekonomiczny stosowania określonych dodatków paszowych w czasie. Koszt paszy na przyrost tucznika od 25 kg do 120 kg żywej wagi w PLN (Opracowanie własne).



Analiza danych kosztowych dla czterech wariantów żywieniowych zawierających dodatek probiotyczny *Bacillus* spp. – z i bez fitazy oraz w wariacie z reformulacją – a także dla dwóch grup kontrolnych (Łukasz Czech i Iwona Czech-Kapała) pokazuje wyraźną i spójną przewagę ekonomiczną mieszanek uzupełnionych o dodatki paszowe względem tradycyjnych rozwiązań.

Z danych wynika, że przez cały analizowany okres (2020–2024) grupa kontrolna z gospodarstwa Łukasza Czecha charakteryzowała się wyższym kosztem paszy potrzebnej na przyrost jednego tucznika niż warianty z dodatkiem probiotycznym. Koszt paszy dla tej grupy często przekraczał 500 zł w okresie największych cen (2022 r. – np. 576 zł w kwietniu), podczas gdy warianty z dodatkami mieściły się w przedziale 440–550 zł. Różnice te – choć pozornie niewielkie – utrzymywały się stabilnie w czasie, co pokazuje, że dodatki probiotyczne miały realny i trwały wpływ na ekonomiczność żywienia.

W szczególności wariant z probiotykiem i fitazą (dodatek 0,55 kg *Bacillus* + 0,4 kg fitazy) wykazywał najniższy koszt przyrostu przez większość miesięcy, w tym także w okresach rekordowych cen komponentów paszowych. Przykładowo, w kwietniu 2022 r. koszt ten wyniósł 540 zł, co było o 36 zł mniej niż kontrola Łukasza i aż 40 zł mniej niż kontrola Iwony Czech.

Interesujący jest przypadek wariantu z reformulacją i dodatkiem *Bacillus* spp., który – pomimo że nie wyróżniał się szczególnie pod względem wskaźnika FCR (utrzymywał się na poziomie zbliżonym do grup kontrolnych, np. 2,77 kg/kg) – dzięki zastosowaniu tańszych komponentów paszowych w składzie bazowym zbliżył się kosztowo do wariantów z dodatkami enzymatycznymi. W kluczowym okresie – kwiecień 2022 – koszt przyrostu w tej grupie wyniósł 549 zł, tylko o 9 zł więcej niż wariant probiotyk + fitaza i aż 31 zł mniej niż kontrola Iwony Czech-Kapała.

W kolejnych miesiącach – szczególnie w 2023 i 2024 r., gdy ceny surowców paszowych zaczęły się stabilizować – przewaga reformulacji była bardziej widoczna. Przykładowo, w grudniu 2024 r. koszt ten wyniósł 422 zł, co plasowało wariant z reformulacją poniżej kosztów pasz kontrolnych i blisko poziomu wariantu z fitazą.

Zmienność kosztów paszy na tucznika w czasie była najmniejsza w przypadku wariantów z dodatkami – zarówno samym *Bacillus* spp., jak i *Bacillus* + fitaza. Te warianty wykazywały największą stabilność ekonomiczną, bez gwałtownych wzrostów, co może



sugerować, że ich skuteczność nie była silnie zależna od cen poszczególnych komponentów paszowych.

Z kolei grupy kontrolne były najbardziej podatne na rynkowe fluktuacje cen paszy, a ich koszt jednostkowy osiągał regularnie poziomy o 20–40 zł wyższe od mieszanek innowacyjnych. Przewaga ta utrzymywała się również w końcowym okresie badania (2024), gdzie różnice między wariantami kontrolnymi a probiotycznymi nadal sięgały ponad 30 zł na tucznika. Choć zastosowana reformulacja nie poprawiła wskaźnika FCR w połączeniu z probiotykiem, to wpłynęła pozytywnie na końcowe koszty tuczu, czyniąc ten wariant opłacalnym ekonomicznie. Pokazuje to, że nawet przy umiarkowanych efektach biologicznych, dobór tańszych komponentów może zapewnić korzystny bilans finansowy, szczególnie gdy koszty dodatków są relatywnie niskie. Warianty z dodatkami (zwłaszcza z fitazą) powinny być rozważane jako stabilna alternatywa dla gospodarstw, które oczekują niższych kosztów produkcji bez ryzyka pogorszenia wyników produkcyjnych.



3.7 Mieszanki paszowe z mąką winogron i z kurkumą

Tabela 10. Wyniki dla mieszanek paszowych zawierających dodatek mąkę z winogron i kurkumę oraz fitazy (opracowanie własne).

Dodatek	Typ	Chlewnia	Stężenie CO ₂ , ppm	Stężenie NH ₃ , ppm	FCR, kg/kg	Średnia masa ciała, kg	Wybajowość	Mięsność	Koszt dodatku na t paszy, PLN
mąka z pestek winogron 3 kg/t paszy	dodatek	Ł. Czech	1424,72	2,04	2,59	121	79%	58%	30,00
kurkuma 4 kg + mąka z pestek winogron 2,5 kg/t paszy	dodatek	Ł. Czech	1045,61	1,44	2,55	117	78%	58%	63,40
mąka z pestek winogron 3 kg + 0,4 kg fitazy/t paszy	dodatek + fitaza	Ł. Czech	1322,31	1,27	2,55	123	77%	58%	44,00
kurkuma 4 kg + mąka z pestek winogron 2,5 kg/t paszy + reformulacja	dodatek + reformulacja	I.Czech-Kapała	2779,03	0,84	2,76	124	78%	57%	63,40
brak	kontrola	I.Czech-Kapała	-	-	2,77	122	77%	59%	0,00

W analizowanym zestawie doświadczeń obejmującym stosowanie dodatków paszowych opartych na mące z pestek winogron (3 kg/t) oraz jej połączeniach z kurkumą (2,5–4 kg/t), uzyskano spójne i pozytywne rezultaty względem mieszanek kontrolnych, zarówno w zakresie efektywności paszowej (FCR), jak i wskaźników produkcyjnych takich jak wydajność rzeźna, średnia masa ciała oraz – w pewnym zakresie – warunki środowiskowe w chlewni. Zmiany te, choć umiarkowane w skali bezwzględnej, wykazują dużą wartość użytkową, szczególnie w kontekście stabilnych i trudnych warunków rynkowych w okresie realizacji projektu.

Wszystkie trzy warianty badawcze z dodatkami paszowymi testowane były w gospodarstwie Łukasza Czecha, natomiast wariant z dodatkiem kurkumy i reformulacją – w gospodarstwie Iwony Czech-Kapała. Grupa referencyjna (kontrolna) dla każdej chlewni prowadzona była na standardowej mieszance paszowej stosowanej przed rozpoczęciem projektu.

Pod względem zużycia paszy na przyrost (FCR), wszystkie grupy z dodatkami paszowymi wykazały lepsze wyniki niż kontrola. Najwyraźniejszy efekt zaobserwowano w dwóch wariantach:

- Dodatek 4 kg kurkumy i 2,5 kg mąki z pestek winogron: FCR 2,55 kg/kg



- Dodatek 3 kg mąki z pestek winogron + 0,4 kg fitazy: FCR 2,55 kg/kg

Należy podkreślić, że są to wyniki lepsze niż uzyskane w grupie kontrolnej w gospodarstwie Łukasza Czecha (FCR 2,77 kg/kg) oraz nieznacznie lepsze względem tuczników z grup kontrolnych, których tucz przebiegał w gospodarstwie Iwony Czech-Kapała (FCR 2,77 kg/kg). Mąka z winogron chroni na komórki organizmu przed działaniem wolnych rodników i działa wspomagająco na układ krążenia. Zastosowanie w mieszankach paszowych dodatku mąką z pestek winogron (3 kg/t) poprawiło FCR do poziomu 2,59 kg/kg – co pokazuje, że nawet prosty skład dodatku może wpłynąć na ekonomikę żywienia, o ile jego składniki oddziałują pozytywnie na mikroflorę przewodu pokarmowego lub mają właściwości antyoksydacyjne.

Zaskakująco dobrze wyniki uzyskały tuczniki otrzymujące w paszy dodatek fitazy i mąki z pestek winogron ponieważ stwierdzono u nich stosunkowo niskie FCR (2,55 kg/kg). Uzyskane wyniki wskazują, że kombinacja dodatku enzymatycznego z komponentem roślinnym może prowadzić do synergicznego efektu lepszego wykorzystania białka i energii z paszy w przewodzie pokarmowym rosnących świń. Co ważne, koszt dodatku w tym wariantcie wynosił 44 zł/t – czyli więcej niż sam dodatek mąki (30 zł), ale mniej niż połączenie kurkumy i mąki (63,40 zł). Tym samym wariant ten prezentuje się jako wyważona propozycja łącząca skuteczność biologiczną i względną przystępność kosztową.

W wariantcie żywieniowym połączenia kurkumy i mąki winogronowej, ale prowadzonym z reformulacją (czyli zastąpieniem droższych komponentów tańszymi), uzyskano wynik FCR na poziomie 2,76 – czyli zbliżony do osiągniętego w grupie kontrolnej, a średnia masa ciała była nawet wyższa (124 kg). Wydajność rzeźna osiągnęła poziom 78%, a mięsność 57%. Mimo, że efekt biologiczny nie był spektakularny, należy sądzić, że dodatek kurkumy może działać w sposób bardziej kompleksowy, pobudzając wydzielanie soków trawiennych przyspiesza przemianę materii, stymuluje system immunologiczny przez co poprawia zdrowotność i ogólny status fizjologiczny, co w dłuższym cyklu może zmniejszyć straty technologiczne. Warto zaznaczyć, że dodatek ten był najdroższy – 63,40 zł/t – co wymaga od gospodarstw dokładniejszej kalkulacji, czy pozytywny efekt wynikowy uzasadnia taką innowację żywieniową. Jednak biorąc pod uwagę wahania rynkowe i możliwe podwyżki cen paszy, opcja reformulacji z efektem fitobiotycznym może stanowić bufor przed wahaniami kosztów paszowych.

W zakresie środowiskowym, dodatki paszowe również przynosiły korzystne zmiany, zwłaszcza w gospodarstwie Łukasza Czecha. Najniższe stężenie CO₂ (1045 ppm) i NH₃ (1,44



ppm) odnotowano w grupie żywionej mieszanką z dodatkiem kurkumy i mąki z pestek winogron (bez fitazy). Wariant żywieniowy kurkuma + fitaza + mąka z pestek winogron również cechował się niskim poziomem NH_3 (1,27 ppm). Są to wartości bardzo dobre – znacznie poniżej progów uznawanych za graniczne dla komfortu mikroklimatycznego zwierząt (dla NH_3 to 20 ppm, a dla CO_2 – 3000 ppm). Niestety, dla grupy kontrolnej w chlewni Iwony Czech-Kapała czujniki środowiskowe uległy awarii, co uniemożliwiło rzetelną analizę danych środowiskowych dla tej partii.

Wrażenia praktyczne z obserwacji w chlewniach również potwierdzają umiarkowaną, ale spójną skuteczność dodatków z kurkumy i pestek winogron w kontekście środowiskowym. Nie odnotowano jednak tak silnych efektów sensorycznych, jak miało to miejsce w przypadku mieszanek zawierających zioła śródziemnomorskie (np. tymianek, bazylia, oregano), które znacząco poprawiały zapach i mikroklimat chlewni, maskując odory i poprawiając subiektywnie odbierany komfort pracy osób obsługujących zwierzęta. W przypadku dodatków kurkumy + mąka z pestek winogron zmiany w mniejszym stopniu wpływały na zewnętrzne właściwości środowiska utrzymania świń. Można zatem przypuszczać, że ich główne działanie skupia się na funkcjonowaniu układu pokarmowego, odpornościowego i oksydacyjnego świń, co potwierdza się w danych produkcyjnych.

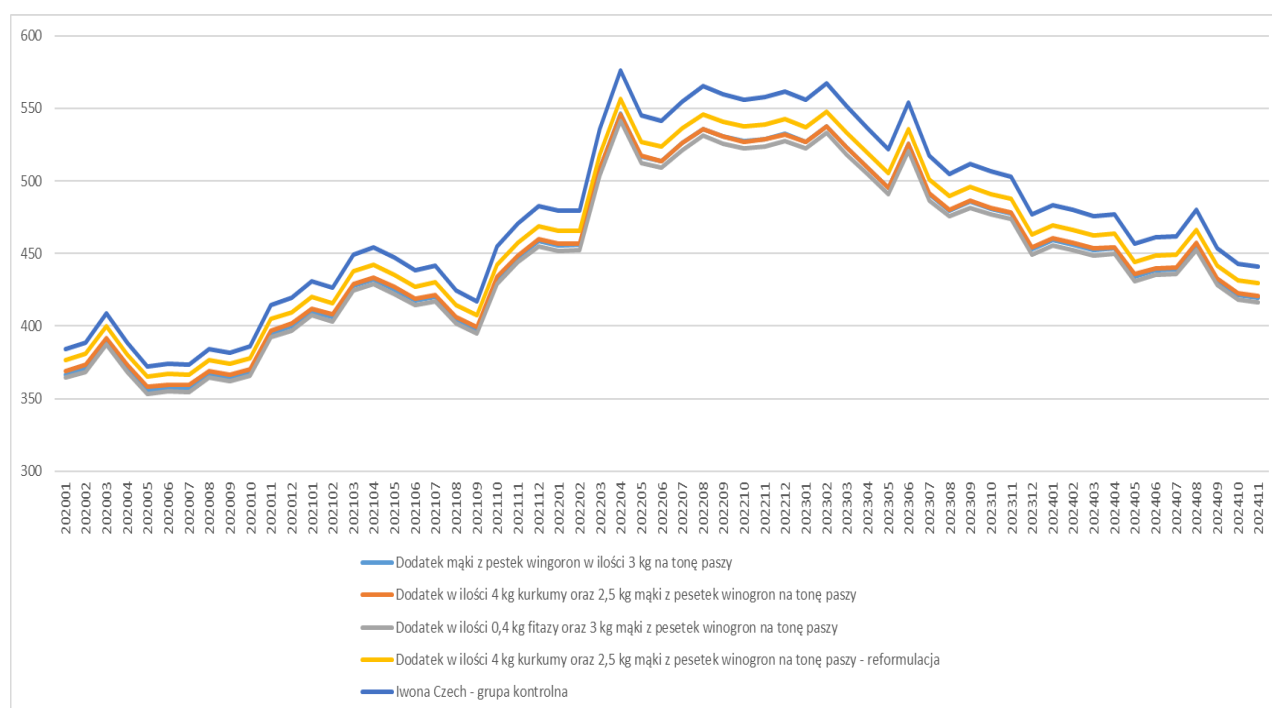
Podsumowując, wszystkie badane warianty zastosowanych w tucz świń mieszanek pełnoporcjowych uzupełnionych w dodatek kurkumy i mąki z pestek winogron okazały się efektywne względem kontroli, zarówno pod względem FCR, jak i stabilności produkcji. Choć koszt dodatków był relatywnie wyższy niż w innych grupach, efekty biologiczne i środowiskowe, a także możliwość reformulacji receptur paszowych, pozwalają uznać je za wartościową alternatywę – szczególnie dla gospodarstw stawiających na naturalne środki poprawiające zdrowotność i efektywność paszową, bez konieczności stosowania dodatków syntetycznych.

Bardzo ważnym i jednocześnie niezwykle aktualnym aspektem stosowania mąki z pestek winogron w żywieniu trzody chlewnej jest fakt, że możemy zagospodarować produkt uboczny przemysłu rolno-spożywczego, a dokładniej – z sektora winiarskiego. Mąka z pestek winogron to wynik przetwórstwa winogron w procesie produkcji wina, który w normalnych warunkach generuje znaczne ilości pozostałości organicznych. Ich ponowne wykorzystanie w rolnictwie – zwłaszcza w produkcji pasz – wpisuje się bezpośrednio w ideę gospodarki cyrkularnej oraz zasad zrównoważonego rozwoju. Dzięki temu działanie ma charakter podwójnie korzystny: z jednej strony zagospodarowane są produkty uboczne z przemysłu



winiarskiego, co stanowi wartość dodaną w nowym łańcuchu produkcyjnym, z drugiej strony – zwiększa się efektywność żywienia zwierząt poprzez poprawę parametrów produkcyjnych takich jak FCR, ubojowa masa ciała czy mięsność tusz. To rozwiązanie może więc nie tylko zmniejszyć presję środowiskową związaną z magazynowaniem i utylizacją odpadów organicznych, ale również przyczynić się do obniżenia kosztów produkcji paszy, ponieważ surowce paszowe pochodzące z przemysłu rolno-spożywczego, odpowiednio przygotowane i przetworzone, mogą zastąpić droższe komponenty paszowe.

W czasach rosnącego nacisku na ograniczenie emisyjności w sektorze produkcji zwierzęcej, zagospodarowanie surowców wtórnych w rolnictwie – zwłaszcza tych pochodzących z innych gałęzi sektora żywnościowego – staje się nie tylko technologiczną innowacją, ale również strategicznym wyborem zgodnym z wymogami zrównoważonej produkcji i Wspólnej Polityki Rolnej UE. Takie podejście może również zyskać akceptację konsumencką, ponieważ wspiera ideę odpowiedzialnej produkcji i zmniejszenia marnotrawstwa w całym systemie agri-food.



Wykres 16. Efektywność ekonomiczna stosowania określonych dodatków paszowych w czasie. Koszt paszy na przyrost tucznika od 25 kg do 120 kg żywej wagi w PLN (opracowanie własne).

W analizowanym okresie (2020–2024) wszystkie warianty paszowe zawierające dodatki (zarówno pojedynczo stosowaną mąkę z pestek winogron, jak i kompozycje z



kurkumą) utrzymywały koszty produkcji na poziomie wyraźnie niższym niż grupa kontrolna. Przykładowo, w miesiącach największych różnic cenowych (np. II kwartał 2022 r.) koszty dla grupy kontrolnej sięgały 576 zł na tucznika, podczas gdy mieszanki z dodatkiem roślinnym nie przekraczały poziomu 546–556 zł, co pozwalało na zaoszczędzenie ok. 20–30 zł na sztuce.

We wszystkich analizowanych miesiącach – niezależnie od sezonowości i fluktuacji rynkowych – mieszanki paszowe zawierające kurkumę i mąkę z pestek winogron okazywały się tańsze w przeliczeniu na jednostkę przyrostu. Szczególnie dobrze wypadł wariant z dodatkiem 3 kg mąki z pestek winogron, który był najtańszy, ale też wykazywał najniższą smakowitość, co omówiono w dalszej części.

Pomimo pozytywnego wpływu dodatku mąki z pestek winogron na koszty, jej niskie walory smakowe stanowią ograniczenie technologiczne. W testach wykazano, że zwiększanie udziału tego komponentu powyżej 3 kg na tonę paszy może prowadzić do spadku pobrania paszy przez zwierzęta, szczególnie w początkowych fazach tuczu. Charakterystyczny, cierpki smak pestek winogron, zawierających duże ilości tanin i polifenoli, może ograniczać chęć pobierania paszy, a tym samym zaburzać rytm wzrostu.

Z tego względu w przypadku mieszanek, w których zastosowano zarówno mąkę z pestek winogron, jak i kurkumę (4 kg + 2,5 kg), osiągnięto dobry kompromis między efektywnością ekonomiczną a smakowitością. Kurkuma, znana z właściwości przeciwzapalnych i wspierających mikroflorę jelitową, wzbogaciła smak paszy i maskowała mniej pożądane nuty sensoryczne związane z obecnością pestek.

Wariant żywieniowy obejmujący fitazę i mąkę z pestek winogron (3 kg/t) także wypadł korzystnie pod względem kosztów i efektywności. W wielu miesiącach oscylował na poziomie bardzo zbliżonym do wariantu z kurkumą i pestkami, oferując stabilne wyniki w zakresie kosztów paszy oraz poprawy wskaźnika FCR. Dodatek fitazy mógł wspomagać lepsze wykorzystanie fosforu i innych składników mineralnych, co przekładało się na lepsze trawienie i niższe zużycie paszy.

Ogólnie rzecz biorąc, stosowanie mąki z pestek winogron – zwłaszcza w połączeniu z kurkumą lub fitazą – jest opłacalne i skuteczne, o ile nie przekracza określonego progu smakowitości. Mieszanki te nie tylko poprawiają ekonomiczność żywienia, ale też wpisują się w model gospodarki obiegu zamkniętego, wykorzystując produkt uboczny przemysłu winiarskiego.

Brak rzetelnych danych dotyczących pomiarów czujników środowiskowych w przypadku grupy kontrolnej w gospodarstwie Iwony Czech-Kapała ograniczyło możliwości



porównywania wyników tuczu. Niemniej jednak, analiza kosztowa i porównanie wyników efektywności tucznej jednoznacznie wskazują, że dodatek łączny kurkumy i pestek winogron, w odpowiednio zbilansowanej formule, jest użyteczny ekonomicznie i praktycznie w warunkach gospodarstw zajmujących się tuczem trzody chlewnej.



3.8 Mieszanki paszowe w ostatnim etapie

Dodatek	Typ	Chlewnia	Stężenie CO ₂ PPM	Stężenie NH ₃ PPM	FCR	Średnia waga (kg)	Wybajowość (%)	Mięsność (%)	Koszt dodatku na tonę (pln)
Dodatek po 2 kg czosnku, pokrzywy, ostropestu oraz 0,4 kg emulgatora na tonę paszy	Dodatek	Łukasz Czech	1932,6	2,566416649	2,57	110	0,7968	59,28	30,00
Kontrola	Kontrola	Łukasz Czech	3453,3	3,045700703	2,74	108	0,7802	0,578	63,40
Dodatek 2 kg maki z winogron, 2 kg bazylii, 4 kg kurkumy oraz 0,4 kg fitazy na tonę paszy	Fitaza + dodatek	Łukasz Czech	3131,6	2,881538462	2,54	112	0,7884	0,5881	104,00
Po 2 kg czosnku i pokrzywy oraz 0,6 kg emulgatora na tonę paszy - reformulacja	Dodatek + reformulacja	Iwona Czech-Kapała	1260,5	0,727631709	2,62	125	0,786	0,578	63,40
Kontrola	Kontrola	Iwona	1312,4	1,287263	2,78	133	0,77	0,567	0,00

W ramach realizacji projektu przeprowadzono ocenę wpływu różnych dodatków paszowych zawierających naturalne komponenty roślinne oraz składniki funkcjonalne (takie jak emulgatory i enzymy trawienne) na wyniki produkcyjne, środowiskowe oraz parametry ekonomiczne w chowie trzody chlewnej. Badania realizowano w dwóch gospodarstwach: Łukasza Czecha oraz Iwony Czech-Kapała, przy zastosowaniu odpowiednich grup kontrolnych bazujących na standardowych mieszankach paszowych.

Wszystkie warianty paszowe z dodatkami wykazały poprawę wskaźnika konwersji paszy (FCR) względem kontroli. W grupie z dodatkiem czosnku, pokrzywy, ostropestu oraz emulgatora odnotowano FCR na poziomie 2,57 w porównaniu do 2,74 w grupie kontrolnej. Najlepszy wynik osiągnięto jednak w grupie złożonej – zawierającej mąkę z pestek winogron, bazylię, kurkumę oraz fitazę – gdzie FCR wyniósł 2,54. W gospodarstwie Iwony Czech-Kapała, wariant z dodatkiem czosnku i pokrzywy oraz reformulacją składu paszy osiągnął FCR 2,62 w stosunku do 2,78 w grupie kontrolnej. Wyniki te dowodzą, że zastosowane mieszanki pozytywnie wpływały na efektywność żywienia w każdych warunkach gospodarstwa.

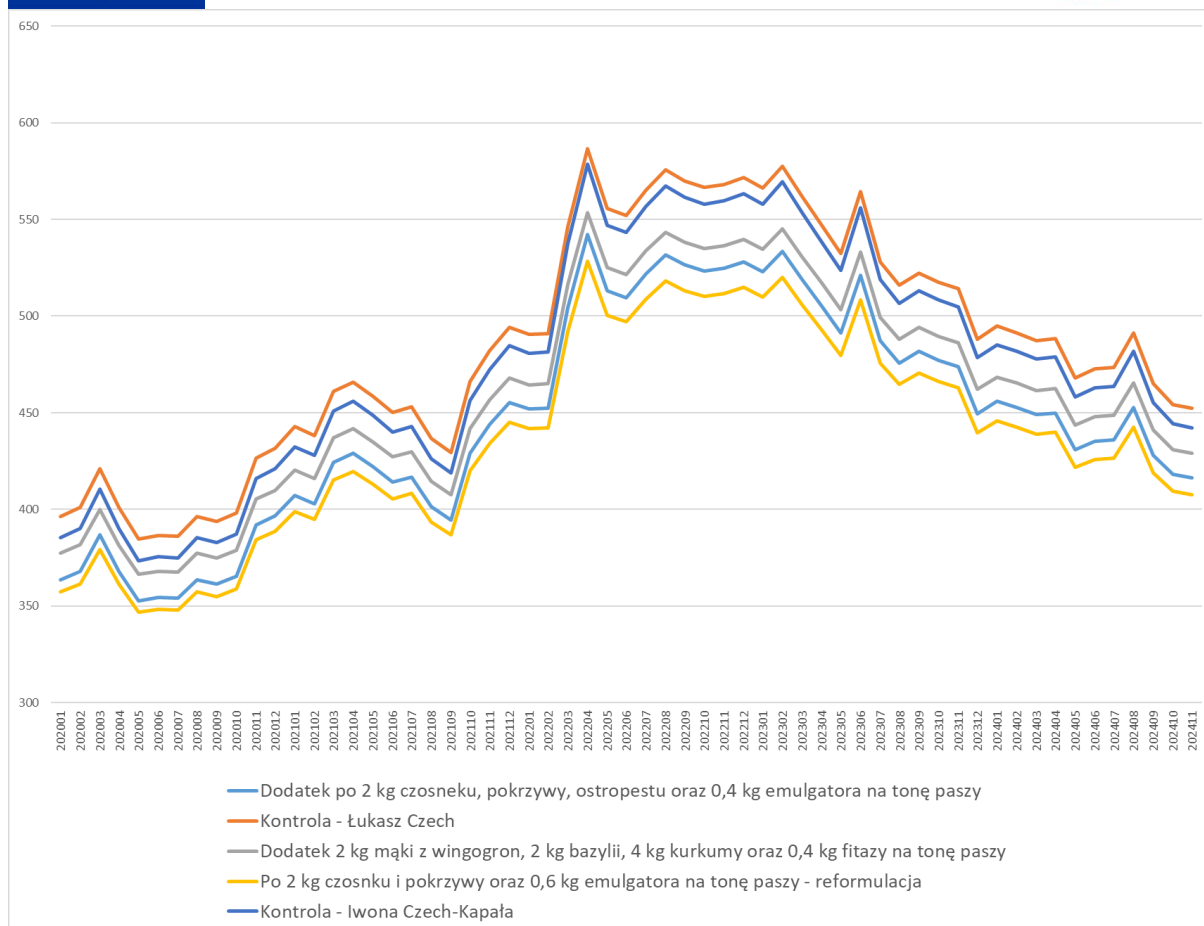
W zakresie jakości tusz dodatki również przynosiły stabilne korzyści. Mięsność w wariantach doświadczalnych kształtowała się na poziomie 58,8–59,3%, co oznaczało poprawę w porównaniu do kontroli, a wybajowość w grupach doświadczalnych wynosiła około 78–79%, przy niższych wartościach w grupach kontrolnych. Rezultaty te wskazują na pozytywny wpływ mieszanek dodatków paszowych na strukturę przyrostu masy ciała.

Również warunki środowiskowe chlewni uległy poprawie dzięki zastosowaniu odpowiednich dodatków. Stężenia CO₂ oraz NH₃ były zauważalnie niższe w grupach testowych niż w grupach kontrolnych. W gospodarstwie Łukasza Czecha, w wariantcie z czosnkiem, pokrzywą i ostropestem, stężenie CO₂ wynosiło 1932 ppm, a NH₃ – 2,57 ppm, podczas gdy w grupie kontrolnej odnotowano 3453 ppm CO₂ i 3,05 ppm NH₃. Z kolei w chlewni Iwony Czech-Kapała, w wariantcie z dodatkami roślinnymi i reformulacją, poziom CO₂ spadł do 1260 ppm, a NH₃ do 0,73 ppm – co wskazuje na bardzo dobre warunki środowiskowe.



Pod względem kosztów stosowania dodatków, ich wpływ na ekonomikę był zróżnicowany. Koszt dodatku w wariancie czosnku, pokrzywy i ostropestu wynosił 30 zł/t, natomiast w wariancie czosnku, pokrzywy i emulgatora z reformulacją – 63,40 zł/t. Najwyższy koszt, 104 zł/t, odnotowano w grupie z dodatkiem mąki z pestek winogron, bazylii, kurkumy i fitazy. Mimo wyższych kosztów w niektórych wariantach, poprawa wskaźników produkcyjnych oraz warunków środowiskowych potwierdza zasadność stosowania tych mieszanek, przy czym wskazane jest indywidualne rozważenie relacji koszt-efekt w kontekście skali produkcji w danym gospodarstwie.

Finalnie, wyniki przeprowadzonych badań jednoznacznie wskazują, że najlepsze rezultaty osiągnięto dzięki stosowaniu mieszanek łączących dodatki roślinne o działaniu bioaktywnym z dodatkami poprawiającymi strawność, takimi jak enzymy trawienne lub emulgatory. Połączenie funkcji ochronnych i wspierających mikroflorę (np. czosnek, pokrzywa, bazylia) z funkcją zwiększania dostępności składników odżywczych (fitaza, emulgatory) okazało się najbardziej skuteczne w poprawie wskaźników FCR, jakości tusz oraz parametrów środowiskowych chlewni. Jednocześnie uzyskano względną równowagę pomiędzy efektem biologicznym a kosztami dodatków, co jest kluczowe z perspektywy praktycznej opłacalności wdrożenia rozwiązań na większą skalę.



W analizowanym okresie 2020–2024 porównano łączny koszt paszy niezbędnej do wyprodukowania tucznika w wariantach wykorzystujących dodatki roślinne oraz dodatki funkcjonalne w stosunku do grup kontrolnych. We wszystkich analizowanych miesiącach koszt paszy na tucznika był niższy w grupach z dodatkami paszowymi w porównaniu do kontroli, zarówno w gospodarstwie Łukasza Czecha, jak i Iwony Czech-Kapała.

W przypadku wariantu z dodatkiem 2 kg czosnku, 2 kg pokrzywy, 2 kg ostropestu i 0,4 kg emulgatora na tonę paszy, łączny koszt paszy na tucznika był konsekwentnie niższy o około 30–40 zł względem kontroli w gospodarstwie Łukasza Czecha. Dla przykładu, w miesiącach kwiecień–czerwiec 2022 roku, które były jednym z najbardziej kosztownych okresów, koszt tucznika w grupie kontrolnej sięgał odpowiednio 587 zł (kwiecień 2022) i 556 zł (maj 2022), podczas gdy w wariantcie z dodatkami kształtował się na poziomie 542 zł i 513 zł, co oznaczało różnicę na korzyść dodatków sięgającą odpowiednio 45 zł i 43 zł na tucznika.

Podobnie, wariant zawierający 2 kg mąki z pestek winogron, 2 kg bazylii, 4 kg kurkumy oraz 0,4 kg fitazy na tonę paszy również oferował przewagę kosztową względem kontroli, choć tańszy był nieznacznie względem wariantu czosnkowo-pokrzywowego. W tym samym



szczytowym okresie koszt tucznika wynosił około 554 zł (kwiecień 2022) i 525 zł (maj 2022), co dawało przewagę w stosunku do kontroli odpowiednio o 33 zł i 31 zł.

W gospodarstwie Iwony Czech-Kapała stosowano wariant 2 kg czosnku, 2 kg pokrzywy oraz 0,6 kg emulgatora na tonę paszy z reformulacją. Również tutaj zauważono korzystną tendencję. W najbardziej kosztownych miesiącach (kwiecień–maj 2022) koszt tucznika w grupie kontrolnej wynosił około 578 zł i 547 zł, podczas gdy w wariantcie z dodatkami – odpowiednio 528 zł i 500 zł. Oznacza to, że różnica na korzyść wariantu z reformulacją wynosiła ok. 50 zł na tucznika w szczytowym okresie wzrostu cen pasz.

Warto również zauważyć, że różnice w kosztach były największe w 2022 roku, co odpowiadało okresowi największej zmienności cen surowców rolnych i paszowych na rynku. Zarówno w pierwszym półroczu 2022 roku (marzec–lipiec), jak i w nieco mniejszym stopniu w okresie jesienno-zimowym 2022/2023, przewaga kosztowa mieszanek z dodatkami była najwyraźniejsza.

Dla przykładu różnice dla cen z okrasu składania wniosku wyglądały następująco:

Kontrola – Łukasz Czech: 556 zł

Dodatek czosnek+pokrzywa+ostropest: 513 zł (-43 zł)

Dodatek winogrona+bazylija+kurkuma+fitaza: 525 zł (-31 zł)

Kwiecień 2022 – kontrola Iwony Czech-Kapała: 578 zł

Dodatek czosnek+pokrzywa + reformulacja: 528 zł (-50 zł)

Również w kolejnych miesiącach 2022 roku różnice oscylowały wokół 30–50 zł na korzyść wariantów eksperymentalnych. W latach 2023–2024, wraz z lekkim spadkiem cen pasz, różnice się nieco zmniejszyły, lecz nadal pozostawały wyraźne i stabilne – średnio na poziomie 20–30 zł na tucznika.

Analiza kosztów pokazuje jasno, że stosowanie dodatków roślinnych i funkcjonalnych pozwalało konsekwentnie obniżyć łączny koszt paszy na tucznika, nawet w trudnych warunkach rynkowych. Najlepsze wyniki uzyskano w wariantach łączących zioła oraz dodatki poprawiające strawność (emulgatory, fitaza), które zapewniały stabilność wyników, poprawę FCR i utrzymanie wysokiej opłacalności cyklu produkcyjnego.



4. Wyniki badań na myszach

Badania na modelowych zwierzętach doświadczalnych były potrzebne do realizacji zadania, którego celem było opracowanie mieszanek paszowych o najlepszej jakości, które umożliwiały pokrycie potrzeb bytowych i produkcyjnych zwierząt monogastrycznych z zastosowaniem pasz wzbogaconych o naturalne i biotechnologiczne dodatki na przebieg wzrostu, rozwój somatyczny oraz zdolności rozrodcze myszy laboratoryjnych. Ten element badań w Projekcie stanowił jego integralną część. Założeniem badań na zwierzętach modelowych było ich wykonanie na myszach nie krewniaczych i należących do dwóch ustabilizowanych stad niespokrewnionych/linii selekcyjnych o szybkim i wolnym tempie wzrostu.

Pierwsze myszy zostały sprowadzone z Centrum Badań Ekologicznych PAN: myszy A/St, BALB/c i C57BL/6 oraz z Centrum Onkologii: BN/a. Zwierzęta te stanowiły bazę do wyprowadzenia stada outbred, a następnie rozpoczęcia selekcji w kierunku myszy lekkich (L) i ciężkich (C). Obecnie w myszarni znajduje się około 600 myszy. Wszystkie utrzymywane grupy myszy są zwierzętami outbredowymi (mieszającami uzyskanymi z przekrzyżowania 4 szczepów wsobnych). W ramach eksperymentów prowadzone są linie selekcyjne zwierząt:

- myszy selekcjonowane od 140 pokoleń w kierunku zmiany masy ciała w 21 dniu życia – linia lekka (KGHZ - L) i linia ciężka (KGHZ- C). Każda linia składa się z 30 gniazd rodzicielskich.

Zwierzęta były ujednolicone wiekowo, doświadczenie tuczne rozpoczęło się od 28 dnia życia młodych odchowanych z miotów, których rodzice otrzymywali mieszanki pełnoporcjowe: kontrolną (standard) lub mieszanki doświadczalne (pasza standard + dodatek).

Do pasz wprowadzono różne substancje funkcjonalne, w tym enzymy poprawiające przyswajalność składników odżywczych, mieszanki ziół o potencjalnych właściwościach przeciwzapalnych i antyoksydacyjnych, a także komponenty roślinne bogate w związki bioaktywne oraz preparat probiotyczny.

Materiał badawczy

Modelowe zwierzęta: doświadczenie zostało przeprowadzone na myszach niekrewniaczych z dwóch ustabilizowanych linii o szybkim i wolnym tempie wzrostu odpowiednio KGHZ:C i KGHZ:L. Wszystkie zwierzęta doświadczalne utrzymywane były



w standardowych warunkach hodowlanych, które zapewniały prawidłową temperaturę, wilgotność oraz cykl świetlny.

Warunki doświadczenia

Doświadczenie rozpoczęto w 28 dniu życia myszy. Zwierzęta doświadczalne zostały podzielone na sześć grup żywieniowych, zgodnie z następującym schematem:

Grupa K (kontrolna): żywienie standardową paszą pełnoporcjową.

Grupa 1: pasza standardowa z dodatkiem enzymu fitazę w ilości 0,4 kg/t paszy.

Grupa 2: pasza standardowa z dodatkiem mieszanki ziół (tymianek, oregano, bazylia, majeranek) w ilości po 2 kg każdego składnika na tonę paszy.

Grupa 3: pasza standardowa z dodatkiem ostropestu, pokrzywy i czosnku w ilości po 3,0 kg/t paszy.

Grupa 4: pasza standardowa z dodatkiem bakterii *Bacillus* (Solpreme) w ilości 0,4 kg/t paszy.

Grupa 5: pasza standardowa z dodatkiem kurkumy (1,0 kg/t) oraz mąki z winogron (4 kg/t).

Wykonano doświadczenie wstępne z zastosowaniem w/w poziomów dodatków paszowych. Jednakże, w związku z wynikami tego badania, które wskazały, że zastosowane pierwotnie stężenia niektórych dodatków zmniejszyły pobranie paszy, podjęto decyzję o obniżeniu ich koncentracji o 50%. Ostatecznie zastosowano następujące stężenia:

Grupa 1: enzym fitazę – 0,4 kg/t paszy,

Grupa 2: tymianek, oregano, bazylia, majeranek – po 1,0 kg/t każdego składnika,

Grupa 3: ostropest, pokrzywa, czosnek – po 1,5 kg/t każdego składnika,

Grupa 4: bakterie *Bacillus* (Solpreme) – 0,4 kg/t paszy,

Grupa 5: kurkuma – 0,5 kg/t oraz mąka z winogron – 2 kg/t.

W tabeli przedstawiono schemat badań na myszach.

Schemat badań na zwierzętach modelowych po wykonaniu badań pilotowych przedstawiono w tabeli 11.

Tabela 11. Schemat badań na myszach.

Wyszczególnienie	Grupy					
	K	D1	D2	D3	D4	D5
mieszanka standardowa	X	X	X	X	X	X
mieszanka standardowa + fitaza 0,4 kg/t	-	X	-	-	-	-



mieszanka standard + tymianek 1,0 kg + oregano 1,0 kg + bazylia 1,0 kg + majeranek 1,0 kg/t	-	-	X	-	-	-
mieszanka standardowa + ostropest 1,5 kg + pokrzywa 1,5 kg + czosnek 1,5 kg/t	-	-	-	X	-	-
mieszanka standardowa + bakterie <i>Bacillus</i> 0,4 kg/t	-	-	-	-	X	-
mieszanka standardowa + kurkuma 0,5 kg + mąka z winogron 2,0 kg/t	-	-	-	-	-	X

Wszystkie zwierzęta (po ok. 200 myszy w badaniach na linii KGHZ – L i KGHZ – C) były utrzymywane w standardowych warunkach środowiskowych, w klatkach zbiorczych umożliwiających prowadzenie badań nad wzrostem i rozrodem, z zapewnionym stałym dostępem do wody oraz odpowiedniej paszy.

Przebieg doświadczenia

Faza I – Żywienie i monitorowanie wzrostu

W pierwszym etapie doświadczenia zwierzęta były żywione zgodnie z przydziałem do odpowiednich grup. Regularnie prowadzono indywidualne ważenie, które odbywało się raz w tygodniu.

Faza II – Sekcja i analiza składu ciała

Po zakończeniu okresu żywienia wybrane osobniki zostały poddane eutanazji i sekcji. Zebrano dane dotyczące masy tuszy, zawartości tkanki tłuszczowej oraz masy wybranych narządów wewnętrznych (wątroba, śledziona, jelita, serce, nerki, tłuszcz okołogonadowy, u samców – jadra).

Faza III – Ocena rozrodu

W trzeciej fazie badania oceniono parametry rozrodu samic, odnotowano wskaźniki płodności (liczba młodych w miocie), masa ciała młodych przy odsadzeniu oraz ich przeżywalność do odsadzenia.

Metody analizy danych

Wszystkie obserwacje i pozyskane dane zostały zakodowane i wpisane do arkuszy kalkulacyjnych. Przed właściwą analizą danych przeprowadzono test Shapiro-Wilka w celu oceny normalności rozkładu w każdej z grup. Jednorodność wariancji pomiędzy grupami sprawdzono z wykorzystaniem testu Levene'a. Na podstawie wyników tych testów weryfikowano, czy dane spełniają założenia dla zastosowania testów parametrycznych.



W związku ze stwierdzeniem braku normalności rozkładu i/lub braku jednorodności wariancji, zastosowano test nieparametryczny Kruskala-Wallisa. W sytuacji wykazania istotnych różnic pomiędzy grupami, przeprowadzono dodatkowo test post-hoc Dunn'a z korektą wartości p dla wielokrotnych porównań.

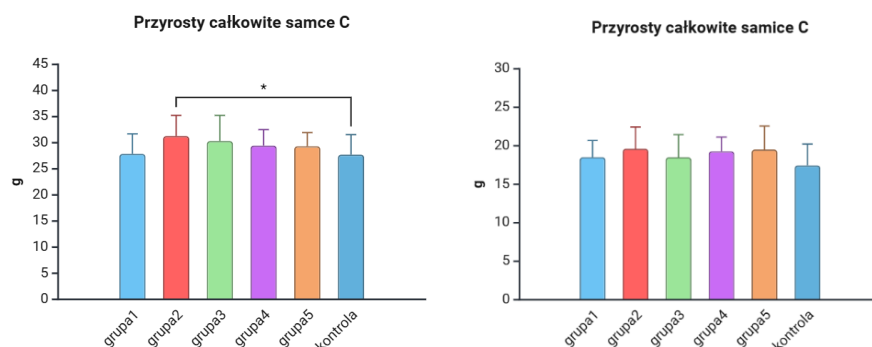
Wyniki dla linii KGHZ:C (szybkie tempo wzrostu)

Faza I: Żywienie i monitorowanie wzrostu

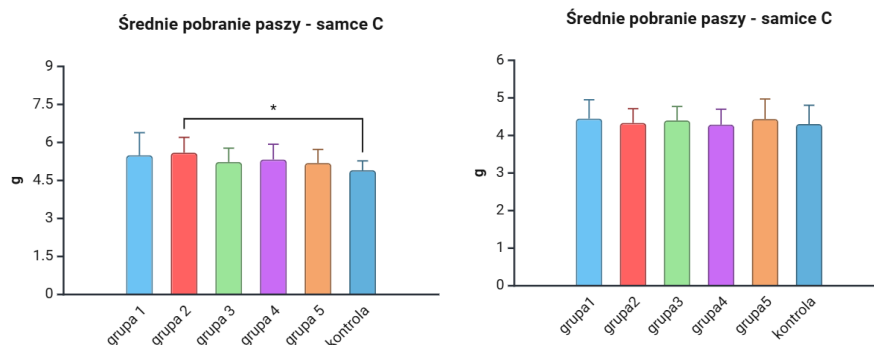
Wyniki doświadczenia wykazały zróżnicowaną reakcję organizmu na zastosowane dodatki paszowe w zależności od płci zwierząt. W grupie samców istotnie ($p < 0,05$) wyższe całkowite przyrosty masy ciała w porównaniu do kontroli odnotowano jedynie w grupie żywionej paszą z dodatkiem mieszanki ziół (tymianek, oregano, bazylia, majeranek) (wykres 17). W pozostałych grupach żywieniowych, w których stosowano dodatek enzymu fitazy, ostropest z pokrzywą i czosnkiem lub bakterie *Bacillus* lub połączenie kurkumy z mąką z winogron, nie stwierdzono istotnych różnic względem grupy kontrolnej.

U samic zastosowane dodatki nie wpłynęły istotnie na całkowity przyrost masy ciała. Choć średnie wartości w grupach doświadczalnych były nieco wyższe niż w kontroli, żadna z różnic nie osiągnęła poziomu istotności statystycznej.

Zaobserwowany wzrost przyrostu masy ciała u samców otrzymujących mieszankę z dodatkiem ziół może być związany z wyższym pobraniem paszy w tej grupie (wykres 18), co przełożyło się na zwiększoną podaż energii i składników odżywczych. Wyniki te wskazują, że efektywność poszczególnych dodatków może być zależna od płci.

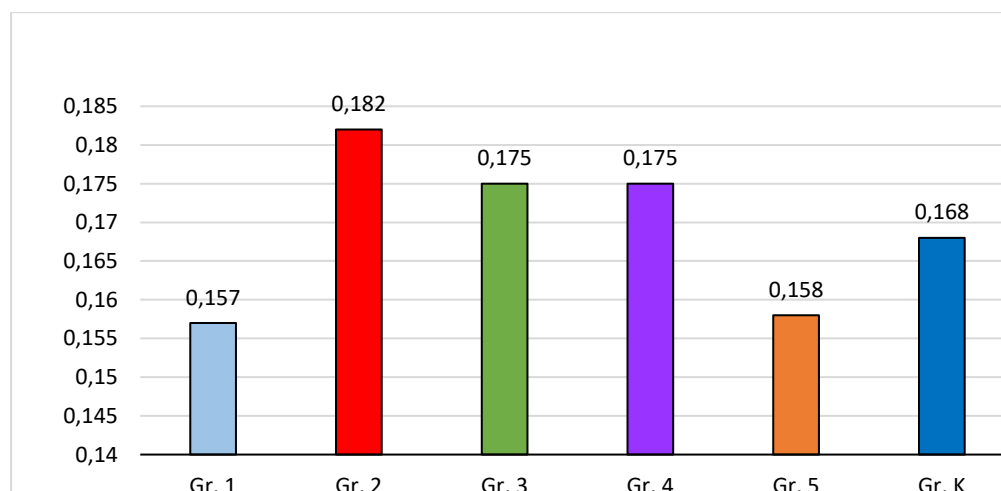


Wykres 17. Przyrosty całkowite samców i samic linii KGHZ:C (szybkie tempo wzrostu)



Wykres 18. Średnie dzienne pobranie paszy

Przedstawione na wykresie 19. wyniki średniego dziennego przyrostu masy ciała mimo, że liczbowo wykazują widoczne różnice pomiędzy grupami doświadczalnymi a grupą kontrolną, nie były statystycznie istotne. Brak istotności nie daje podstaw do formułowania jednoznacznych wniosków dotyczących wpływu dodatków na tempo dziennego wzrostu.



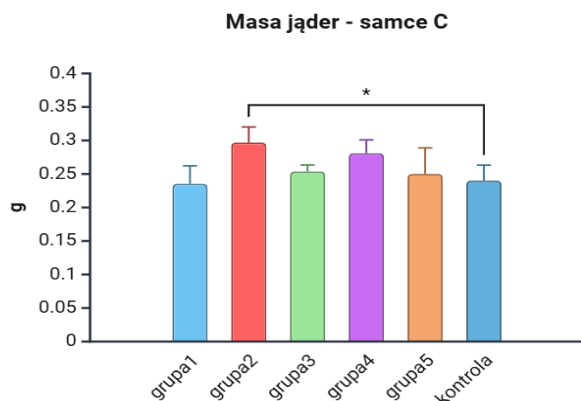
Wykres 19. Średnie dzienne przyrosty masy ciała w odchowie przez 62 dni – linia KGHZ-C

Faza II: Sekcja i analiza składu ciała

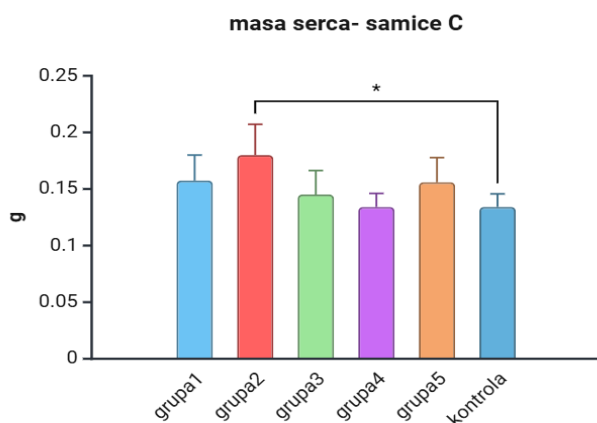
Po zakończeniu okresu wzrostu, po eutanazji zwierząt z linii KGHZ - C przeprowadzono analizę masy wybranych narządów wewnętrznych u samców i samic, obejmującą wątrobę, śledzionę, jelita, nerki oraz serce, a dodatkowo u samców również jądra. W większości przypadków nie stwierdzono istotnych różnic w masie narządów – zarówno bezwzględnej, jak i względnej – pomiędzy grupami żywieniowymi. Wyjątek stanowiły masa jąder (wykres 20) u samców oraz masa serca (wykres 21) u samic. W obydwu przypadkach



nastąpił wzrost masy tych narządów u zwierząt z grupy 2 otrzymującej dodatki ziół w porównaniu do grupy kontrolnej.



Wykres 20. Masa jąder (g) u samców KGHZ – C.



Wykres 21. Masa serca (g) u samic KGHZ – C.

Przeprowadzona analiza składu ciała u myszy z linii KGHZ:C, w tym ocena zawartości tłuszczu, nie wykazała istotnych różnic pomiędzy grupami żywieniowymi.

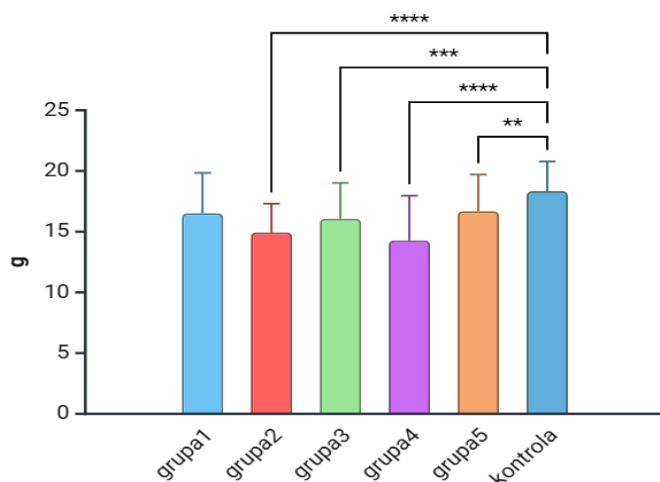
Faza III: Ocena rozrodu

W badaniu nie zaobserwowano wyraźnego wpływu stosowanych dodatków paszowych na liczbę urodzonych ani odchowanych młodych w miotach. Niezależnie od rodzaju paszy – czy zawierała enzym fitazę, mieszanki ziół, komponenty roślinne, bakterie *Bacillus* czy połączenie kurkumy z mąką z winogron – wyniki w tych dwóch parametrach były zbliżone do kontroli.

Różnice pojawiły się dopiero przy ocenie masy młodych w momencie odsadzenia (wykres 22). W grupach, w których samice otrzymywały mieszankę ziół (tymianek, oregano, bazylię, majeranek), zestaw roślinnych dodatków (ostropest, pokrzywa, czosnek), bakterie *Bacillus* lub połączenie kurkumy z mąką z winogron, masa ciała młodych była istotnie

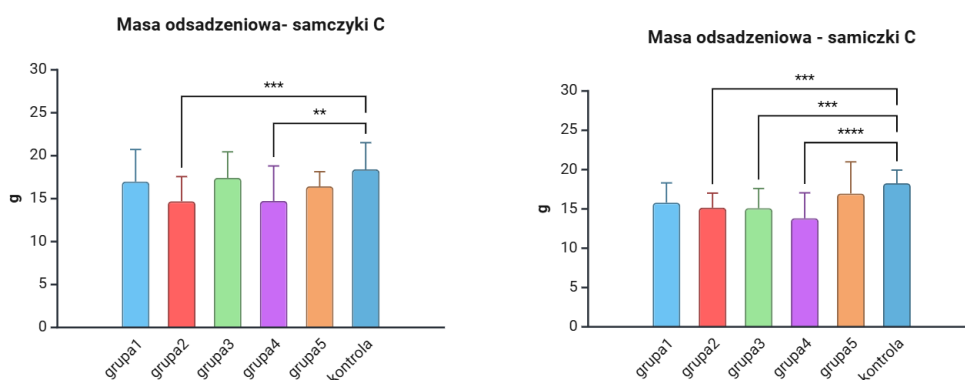


($p < 0,05$) niższa niż w grupie kontrolnej. Jedynie u młodych z grupy, w której w paszy zastosowano enzym, masa przy odsadzeniu była porównywalna do grupy kontrolnej.



Wykres 22. Masa ciała młodych przy odsadzeniu

Porównując masę odsadzeniową samców i samic w linii KGHZ – C stwierdzono, że samce osiągały wyższe wartości średnie niż samice niemal w każdej grupie. Największą masę miały samce z grupy kontrolnej, a obniżenie masy w grupach doświadczalnych dotyczyły głównie dwóch dodatków: mieszanki ziół oraz bakterii *Bacillus*. Co ciekawe, mimo że samce ogólnie rosły lepiej, to istotne statystycznie różnice między grupami wykazano u samic (wykres 23). Wskazuje to na wyraźne zróżnicowanie reakcji w zależności od płci już na etapie odsadzenia młodych.



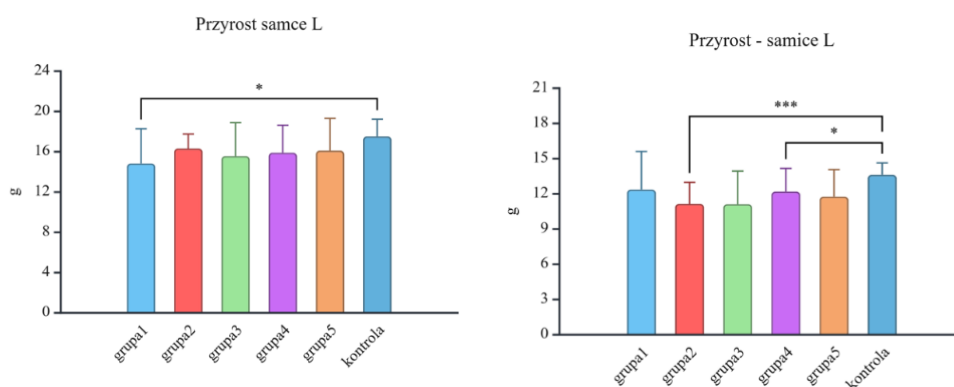
Wykres 23. Masa ciała młodych w zależności od płci.

Wyniki dla linii KGHZ - L (wolne tempo wzrostu)

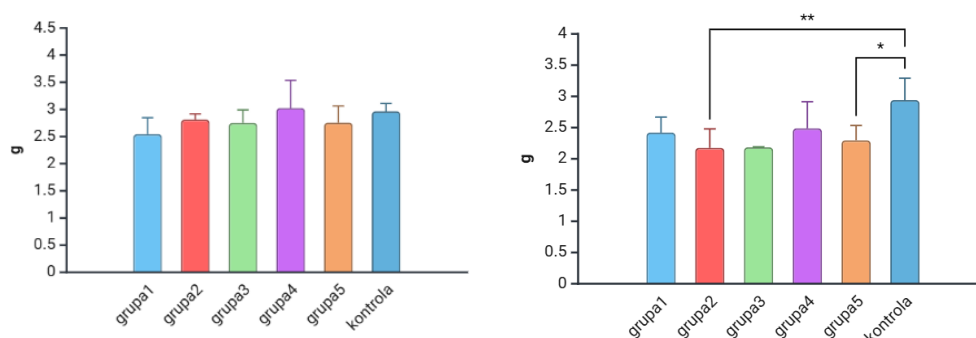
Faza I: Żywienie i monitorowanie wzrostu



Podobnie jak w przypadku myszy linii KGHZ - C, analiza wyników wykazała zróżnicowaną reakcję organizmu na zastosowane dodatki paszowe w zależności od płci zwierząt. Analiza przyrostu całkowitego masy ciała u samców wykazała istotnie ($p < 0,05$) niższe wartości w grupie 1 (dodatek enzymu fitaza) w porównaniu do grupy kontrolnej (wykres 24). W pozostałych grupach doświadczalnych (2–5) nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic względem kontroli. W przypadku samic stwierdzono istotne obniżenie przyrostu masy ciała w grupie 2 (dodatek mieszanki ziół) oraz grupie 4 (dodatek bakterii *Bacillus*) w porównaniu do grupy kontrolnej. Pozostałe grupy nie różniły się istotnie, choć również wykazywały niższe średnie wartości. Obserwowane różnice wskazują na większą wrażliwość samic tej linii na zastosowane dodatki paszowe. Warto zaznaczyć, że obserwowane różnice w przyroście masy ciała samców nie miały odzwierciedlenia w statystycznie istotnych zmianach średniego pobrania paszy (wykres 25). Natomiast w przypadku samic, w odniesieniu do grupy 2 należy podkreślić, że niższy przyrost masy ciała mógł być związany z istotnie niższym średnim dziennym pobraniem paszy, co mogło przełożyć się na ograniczoną podaż energii i składników odżywczych.



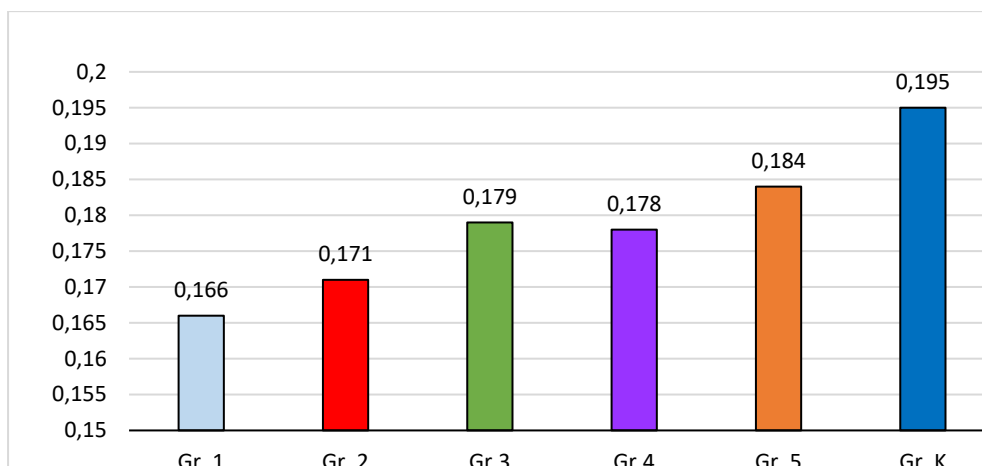
Wykres 24. Przyrost całkowity samców i samic linii KGHZ - L



Wykres 25. Średnie dzienne pobranie paszy u samców i samic linii KGHZ - L.



Wyniki średniego dziennego przyrostu masy ciała przedstawione na wykresie 26, wykazują pewne różnice liczbowe pomiędzy grupami żywieniowymi, jednak nie osiągnęły one poziomu istotności statystycznej. Z tego względu nie ma podstaw do wyciągania jednoznacznych wniosków na temat wpływu zastosowanych dodatków paszowych na tempo przyrostów dobowych w okresie tuczu przez 63 dni.



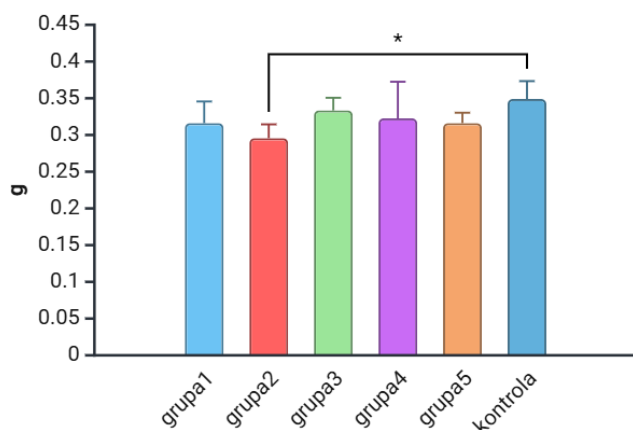
Wykres 26. Średnie dzienne przyrosty masy ciała w odchowie przez 63 dni – linia KGHZ - L

Faza II: Sekcja i analiza składu ciała

Po zakończeniu okresu wzrostu i eutanazji zwierząt z linii KGHZ - L, dokonano oceny masy wybranych narządów wewnętrznych u samców i samic. Analizie poddano wątrobę, śledzionę, jelita, nerki oraz serce, a u samców dodatkowo jądra. W większości przypadków nie odnotowano statystycznie istotnych różnic – zarówno w masie bezwzględnej, jak i wyrażonej względem masy ciała – pomiędzy poszczególnymi grupami żywieniowymi. Wyjątek stanowiły dwa parametry: masa nerek u samców (wykres 27) oraz masa wątroby u samic (wykres 28). W obu przypadkach odnotowano istotnie ($p < 0,05$) wyższe wartości w grupie 2, w której stosowano dodatek mieszanki ziół w porównaniu do grupy kontrolnej.

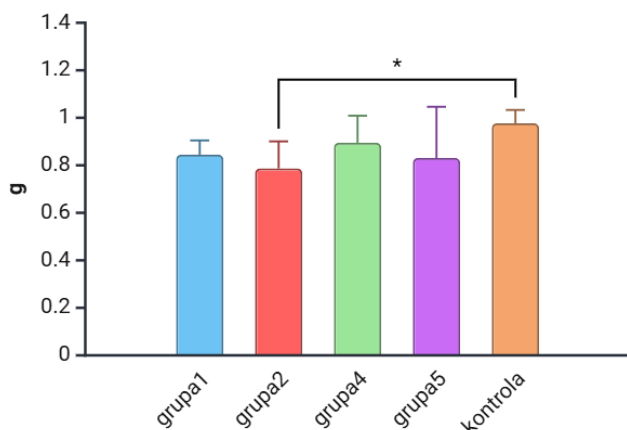


Masa nerek - samce L



Wykres 27. Masa nerek (g) samców z linii KGHZ – L.

Masa wątroby - samice L



Wykres 28. Masa wątroby (g) samic z linii KGHZ – L.

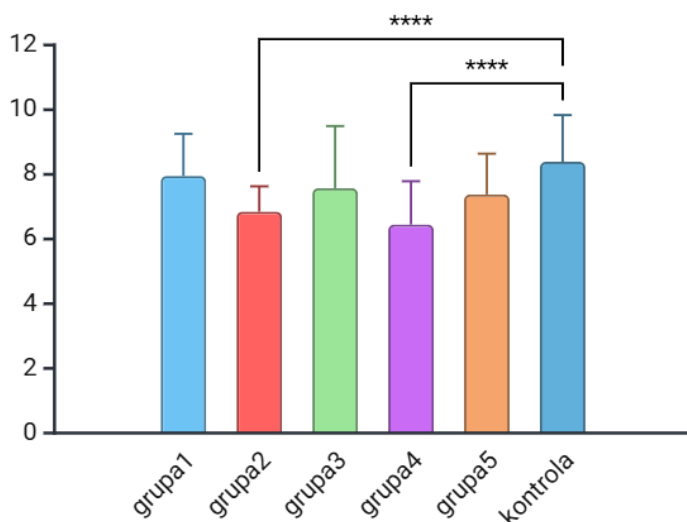
Podobnie jak w przypadku linii szybko rosnącej, również analiza składu ciała myszy z linii KGHZ - L, obejmująca m.in. ocenę zawartości tłuszczu, nie wykazała istotnych różnic pomiędzy poszczególnymi grupami żywieniowymi.

Faza III: Ocena rozrodu

W linii KGHZ - L nie stwierdzono istotnych różnic między grupami żywieniowymi ani w liczbie urodzonych, ani odchowanych młodych. Zastosowane dodatki paszowe nie wpłynęły w istotny sposób na wielkość miotów ani przeżywalność potomstwa do momentu odsadzenia. Żywnienie paszami zawierającymi wybrane dodatki miało zróżnicowany wpływ na masę odsadzeniową młodych. Najwyższe wartości odnotowano w grupie

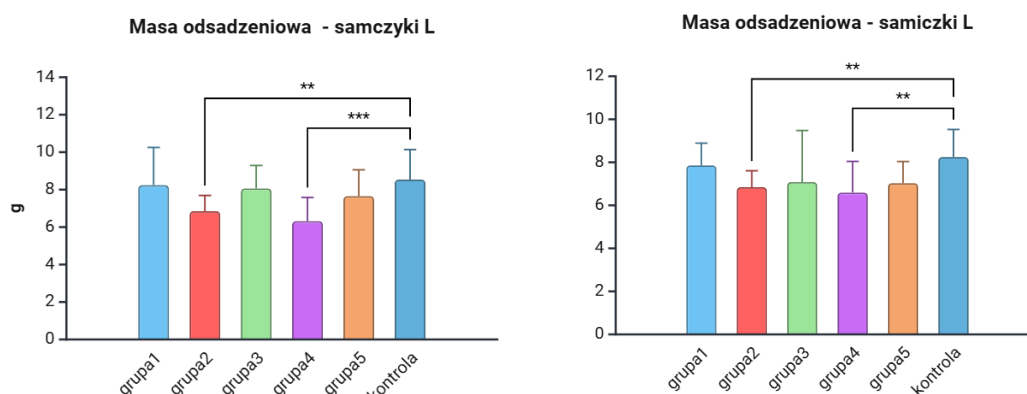


kontrolnej, otrzymującej standardową paszę pełnoporcjową. Istotnie niższą masę ciała w porównaniu do tej grupy wystąpiły w grupie 2 (dodatek mieszanki ziół) oraz w grupie 4 (dodatek bakterii *Bacillus*) (wykres 29). W pozostałych grupach żywieniowych (1, 3 i 5) również obserwowano spadek średnich wartości, jednak różnice te nie były istotne statystycznie.



Wykres 29. Masa ciała młodych przy odsadzeniu.

W przeciwieństwie do zwierząt z linii o szybkim tempie wzrostu, u tych o wolnym tempie wzrostu nie zaobserwowano zróżnicowania w masie ciała między płciami. Żywienie paszami z dodatkami miało istotny wpływ na masę odsadzeniową zarówno samców jak i samic (wykres 30). W obydwu przypadkach, w porównaniu do grupy kontrolnej, istotnie niższą ($p < 0,05$) masę ciała osiągały zwierzęta z grupy 2 (dodatek mieszanki ziół) oraz grupy 4 (dodatek bakterii *Bacillus*). W pozostałych grupach doświadczalnych (1, 3 i 5) różnice w porównaniu do grupy kontrolnej nie były statystycznie istotne, choć również widoczny był trend spadkowy.



Wykres 30. Masa ciała młodych myszy w zależności od płci, dla linii KGHZ – L.

Wnioski:

1. Wyniki badań na myszach z linii ciężkiej i lekkiej wykazały różnice zarówno w odchowie jak i wzroście młodych co wskazuje na zróżnicowanie ich metabolizmu.
2. Wykazano istotny wpływ płci myszy na badane parametry.
3. W badaniach modelowych nie można wskazać konkretnego dodatku paszowego poprawiającego istotnie analizowane wskaźniki.
4. Badania na zwierzętach modelowych wykonane w dłuższym przedziale czasowym i przy obniżonych stężeniach dodatków mogą prowadzić do adaptacji zwierząt na badane czynniki doświadczalne.
5. Zastosowanie myszy jako modelu dla świń w badaniach nad innowacyjnymi dodatkami paszowymi, okazało się problematyczne ze względu na dużą zmienność wyników. Odpowiedzi organizmu były często niejednoznaczne, zależne zarówno od linii myszy jak ich płci, co utrudniało wyciąganie prostych wniosków. Rozproszenie efektów wskazuje, że choć model mysi może być przydatny na etapie wstępnych obserwacji, nie zawsze sprawdza się jako narzędzie do praktycznej oceny przydatności dodatków paszowych przeznaczonych dla zwierząt gospodarskich.



5. Podsumowanie innowacji

Realizacja projektu w warunkach produkcyjnych potwierdziła możliwość stosowania innowacyjnych rozwiązań w zakresie żywienia trzody chlewnej. Odnoszą się one pośrednio lub bezpośrednio do wykreowania ulepszonej innowacji mającej korzystny wpływ na wyniki tuczu świń i mięsność tusz wieprzowych oraz uzyskanie wymiernego efektu finansowego. Projekt miał charakter wdrożeniowo-doświadczalny i już na etapie testów terenowych udało się pozyskać praktyczną wiedzę, możliwą do wykorzystania także w innych gospodarstwach trzodowych. Konsekwentne porównania zróżnicowanych pod względem zastosowanych dodatków paszowych mieszanek pełnoporcjowych dla tuczników pozwoliły uchwycić subtelne różnice w efektach żywieniowych, produkcyjnych i środowiskowych, co w skali pojedynczych decyzji może przełożyć się na realne i wymierne korzyści dla producentów żywca wieprzowego.

Wartością dodaną projektu było opracowanie, przetestowanie i w wielu przypadkach potwierdzenie skuteczności nowych wariantów pasz, które nie tylko poprawiały wskaźniki produkcyjne (takie jak FCR, mięsność czy wydajność rzeźną), ale również miały wpływ na jakość mikroklimatu w chlewniach. Uzyskane wyniki potwierdziły możliwość projektowania mieszanek żywieniowych w sposób, który uwzględnia nie tylko potrzeby pokarmowe zwierząt w całym okresie tuczu, ale także pośrednio wpływa na obniżenie emisji gazów cieplarnianych i odorów, co wpisuje się w szerszy kontekst dążeń do osiągnięcia celów zrównoważonego rolnictwa.

Szczególnym elementem projektu była różnorodność komponentów paszowych – od klasycznych dodatków enzymatycznych (fitaza), przez komponenty roślinne o działaniu bioaktywnym (fitobiotyki), aż po składniki uzyskiwane w procesach fermentacji czy przetwórstwa przemysłowego. Tak szeroki zakres badanych mieszanek umożliwił analizę ich funkcjonalności w kontekście uwarunkowań smakowitości, stabilności składu, wpływu na zdrowotność i dobrostan zwierząt, a także kosztów produkcji paszy. Wnioski z tej analizy są szczególnie cenne dla praktyki doradczej i hodowlanej – pozwalają lepiej dostosować strategię żywieniowe do lokalnych warunków produkcyjnych, potrzeb zwierząt oraz ograniczeń ekonomicznych.

Jednym z najważniejszych efektów projektu było także wzmocnienie kompetencji współpracujących gospodarstw w zakresie prowadzenia doświadczeń, analizy danych i oceny skuteczności technologii. Wytworzona wiedza praktyczna, wsparta doświadczeniem jednostki naukowej, stworzyła solidne podstawy do dalszych działań optymalizacyjnych w zakresie



produkcji żywca wieprzowego. Dla części rolników udział w projekcie stał się impulsem do wdrożenia stałego monitorowania parametrów środowiskowych czy systematycznego porównywania efektywności pasz, co w konsekwencji zwiększa ich świadomość poprawy dobrostanu zwierząt a także uwrażliwia na stale zmieniające się uwarunkowania ekonomiczne do prowadzenia chowu świń.

Co istotne, projekt przyczynił się także do zobrazowania w praktyce, w jaki sposób wdrażanie innowacji w zakresie żywienia może wpisywać się w realizację założeń zrównoważonego rolnictwa. Poprzez poprawę konwersji paszy i obniżenie wskaźników emisji – zarówno bezpośrednio, jak i pośrednio – nowo opracowane mieszanki paszowe mogą stanowić element strategii ograniczania presji środowiskowej w produkcji zwierzęcej. Choć wnioski z projektu nie są jeszcze podstawą do uogólnień, zebrane informacje wskazują, że istnieje realna możliwość łączenia celów produkcyjnych z oczekiwaniami związanymi z ochroną klimatu, środowiska oraz dobrostanem zwierząt.

W rezultacie, mimo że projekt nie był ukierunkowany wyłącznie na opracowanie jednej konkretnej receptury paszy, jego wynikiem jest szerokie spektrum propozycji ulepszeń, z których część może być natychmiast wdrożona, a część może stanowić bazę do dalszych prac badawczo-wdrożeniowych. Tym samym projekt potwierdził, że nawet w stosunkowo krótkim horyzoncie czasowym można skutecznie budować modele współpracy między rolnikami, nauką i doradztwem, prowadzące do praktycznych innowacji rozwiązań.

W wyniku projektu zaobserwowano, że nawet przy relatywnie niewielkich inwestycjach w modyfikacje stosowanych surowców paszowych możliwe jest wprowadzenie systematycznej oceny kosztochłonności pasz w warunkach konkretnego gospodarstwa. Dzięki zastosowaniu zestandaryzowanych narzędzi (np. schematów oceny FCR, tabel wynikowych, prostych formularzy do zapisu danych środowiskowych), rolnicy uzyskali możliwość bardziej świadomego podejmowania decyzji żywieniowych, uwzględniających nie tylko aspekt kosztowy, ale także dobrostan zwierząt i wpływ produkcji zwierzęcej na otoczenie.

Nie bez znaczenia pozostaje również fakt, że w wyniku projektu zbudowano wewnętrzny system benchmarków ekonomicznych, pozwalający porównać efektywność różnych mieszanek paszowych przy zmiennych warunkach rynkowych. Analizy te uwzględniały nie tylko konwersję paszy, ale także średni koszt przyrostu na tle tygodniowych notowań pasz publikowanych przez MRiRW. Taki sposób pracy pozwala nie tylko poprawiać bieżące decyzje, ale również uczyć się długoterminowego podejścia do planowania strategii żywieniowych, szczególnie w kontekście zmienności cen surowców.



Wspólnym mianownikiem dla wszystkich działań było przyjęcie założenia, że ulepszenie może polegać nie tylko na wdrożeniu nowego produktu, ale także na reorganizacji sposobu działania, nawet w ramach już dostępnych zasobów. Projekt udowodnił, że świadome zarządzanie żywieniem świń poprzez produkowanie mieszanek pełnoporcjowych, decydowanie o wyborze surowców paszowych (w tym zastępowanie droższych tańszymi), zastosowanie innowacyjnych dodatków paszowych oraz monitorowaniem efektów nie wymaga zaawansowanych systemów IT czy drogich rozwiązań technologicznych – wymaga natomiast spójnej koncepcji organizacyjnej, otwartości na współpracę i gotowości do testowania małych zmian, które mogą prowadzić do dużych rezultatów.

Podsumowując, projekt FeedImproved wytworzył nie tylko konkretne, wartościowe mieszanki paszowe, ale również nową jakość organizacyjną w gospodarstwach uczestniczących w projekcie. W efekcie powstała innowacja, która – choć w dużej mierze opiera się na dobrej praktyce i prostych narzędziach zarządczych – ma potencjał do wdrażania na szerszą skalę. Jej kluczowym wyróżnikiem jest to, że łączy efektywność ekonomiczną, środowiskową i organizacyjną, oferując rolnikom realne wsparcie w podejmowaniu trafniejszych decyzji w coraz bardziej złożonym otoczeniu produkcji rolniczej.

Ogół tych działań może zostać skwantyfikowany za pomocą następujących wyników:

1. Konwersja paszy (FCR)

Konwersja paszy, jako kluczowy wskaźnik efektywności żywienia, została poprawiona we wszystkich grupach eksperymentalnych w porównaniu do grupy kontrolnej:

- Grupa kontrolna: FCR na poziomie około 2,75 kg/kg.
- Najlepsze wyniki - dodatek kurkumy, maki z winogron, czosnku, pokrzywy: 2,54–2,62 kg/kg (redukcja FCR o ok. 5,6%).

Rezultaty te jednoznacznie potwierdzają, że dodanie komponentów bioaktywnych, enzymatycznych lub roślinnych do mieszanek paszowych poprawia ich strawność i efektywność wykorzystania składników odżywczych przez zwierzęta.

2. Mięśność tusz i wydajność rzeźna

Wskaźnik mięśności tusz w grupie kontrolnej został ustalony na poziomie 58% i stanowił punkt odniesienia dla wszystkich analizowanych wariantów. Wśród grup doświadczalnych najwyższą wartość mięśności – 59% uzyskano w dwóch grupach:

- Dodatek probiotyczny - bakterie *Bacillus* spp. (0,55 kg/t) + fitaza (0,4 kg/t) – mięśność: 59%, wydajność rzeźna: 78%.



- Dodatek fermentowanych kielków (4,5 kg/t) – mięsność: 59%, wydajność rzeźna: 79%.

W obu przypadkach widoczny był również wzrost wybojowości względem grupy kontrolnej (77–78%), przy zachowaniu poprawnych wskaźników FCR oraz korzystnych parametrów środowiskowych.

Różnice w mięsności tuczników w grupach badawczych vs kontrolne były niewielkie (rzędu +1 pkt proc.), ale występowały w wielu grupach przy żywieniu paszami z zastosowaniem różnych dodatków paszowych co sugeruje, że bioaktywne komponenty paszowe – takie jak probiotyki *Bacillus* spp., enzymy trawienne (fitaza) oraz fermentowane składniki roślinne – mogą stabilnie wpływać na proces budowy beztłuszczowej masy ciała, poprawiając końcową wartość handlową tuszy. Dodatki te potencjalnie wspierają lepsze wykorzystanie białka i aminokwasów, a także mogą ograniczać odkładanie tłuszczu w końcowym etapie tuczu.

3. Koszty produkcji i pracy

Projekt pozwolił na wyraźne obniżenie kosztów uzyskania przyrostów masy ciała tuczniaka:

- Oszczędności na 1 świni w porównaniu do grup kontrolnych wynosiły:
 - Kurkuma + mąka z pestek winogron (z reformulacją): do 27,57 zł/szt.
 - Fitaza + mąka z pestek winogron: do 21,70 zł/szt.
 - Czosnek + bazylia (bez reformulacji): ok. 20,50 zł/szt.

Zmniejszenie kosztów tuczu w scenariuszu wysokich cen paszy po wybuchu wojny w Ukrainie zdaje się być kluczowym elementem wartości dodanej wynikającej z projektu.

5. Redukcja stężenia amoniaku (NH_3)

Amoniak jest istotnym wskaźnikiem obciążenia środowiskowego w chlewni:

- Grupa kontrolna: NH_3 średnio 1,86–2,45 ppm.

Najlepsze wyniki:

- Kurkuma + mąka z pestek winogron (z reformulacją): 1,47 ppm.
- Fitaza + mąka z pestek winogron: 1,13–1,41 ppm.

Obserwacje potwierdziły, że dodatki poprawiają efektywność metabolizmu azotu, co może zmniejszać emisję amoniaku do środowiska.

5. Redukcja stężenia CO_2

- Grupa kontrolna: 2085–2320 ppm.

Najlepsze grupy z dodatkami:

- Czosnek + bazylia: 1513 ppm.
- Kurkuma + mąka z pestek winogron (z reformulacją): 1755 ppm.



Wskazuje to na korzystny wpływ dodatków na mikroklimat chlewni i potencjalne ograniczenie stresu środowiskowego dla zwierząt.

Projekt potwierdził, że odpowiednio dobrane mieszanki paszowe – zawierające komponenty enzymatyczne, roślinne, fermentowane lub probiotyczne – mogą jednocześnie:

- Poprawić efektywność żywienia (niższy FCR),
- Utrzymać lub zwiększyć mięsność i wydajność rzeźna tusz,
- Obniżyć koszt paszy na jednostkę przyrostu,
- Poprawić warunki środowiskowe w chlewni (CO_2 i NH_3 poniżej wartości referencyjnych),
- Wspierać cele środowiskowe zrównoważonego rolnictwa poprzez ograniczenie emisji i lepsze wykorzystanie przez zwierzęta składników pokarmowych z paszy.

Wyniki te stanowią silny argument za wdrażaniem takich rozwiązań w skali komercyjnej, jako realnej formy ulepszenia efektywności i zrównoważenia produkcji trzody chlewnej.



6. Dyskusja z wynikami naukowymi w literaturze

Literatura przedmiotu dotycząca zastosowania naturalnych dodatków paszowych w żywieniu trzody chlewnej wskazuje na wyraźny potencjał roślinnych komponentów w poprawie efektywności produkcyjnej. W badaniach prowadzonych w warunkach laboratoryjnych – zazwyczaj z ograniczoną liczbą zwierząt – potwierdzano wpływ takich dodatków jak mąka z pestek winogron, kurkuma, pokrzywa, ostropest czy bazylia na poprawę wskaźników FCR i funkcjonowanie układu pokarmowego. Wyniki projektu FeedImproved pozostają z tymi obserwacjami w zgodności, choć zostały uzyskane w warunkach zbliżonych do rzeczywistych gospodarstw, a nie w warunkach doświadczalnych o wysokim stopniu kontroli.

Mąka z pestek winogron (a konkretnie ekstrakty proantocyjanidynowe) w badaniach laboratoryjnych poprawiała FCR o 7,9%, przy dawkowaniu 120–250 mg/kg paszy, ale także poprawiała strawność składników odżywczych u rosnących świń. Efekt ten przypisuje się silnemu działaniu przeciwutleniającemu i modulującemu mikrobiotę jelitową (Zheng i in. 2024). Autorzy wykazali, że suplementacja diety w dawce 30 i 60 mg/kg protoantycjanidów z nasion winogron może być optymalna dla rosnących świń. Również kurkuma, podawana w formie wysoko oczyszczonego ekstraktu nanocząstek, stosowana w dawce 2–3 kg/t, dawała poprawę FCR aż o 16%, wpływała także na morfologię przewodu pokarmowego oraz zmniejszała kolonie bakterii patogennych w jelitach, a także zawartość szkodliwych gazów kałowych (amoniaku) u tuczników (Moniruzzaman i in., 2023). W badaniach nad wykorzystaniem pokrzywy w żywieniu świń prowadzonych w Polsce, poprawę FCR na poziomie 9,6% uzyskano przy zastosowaniu 5 kg dodatku na tonę paszy. Pokrzywa stosowana była jako element mieszanki ziołowej alternatywnej wobec antybiotyków paszowych (Grela i in., 1998). Badania prowadzone nad wpływem dodatku nasion ostropestu na wyniki produkcyjne i profil lipidowy tkanek wykazywał działanie wspierające przyrosty na poziomie 2–3,8%, w zależności od dawki wynoszące 3% lub 6% (Grela i in., 2020). Autorzy stwierdzili, że wyższa dawka nasion ostropestu plamistego nasiona (6%) była bardziej skuteczna w poprawie przyrostu masy ciała i wykorzystania paszy. Dodatek bazylii dawała około 5% poprawy FCR w warunkach stresu cieplnego u brojlerów, co daje przesłanki do potencjalnego przeniesienia tych efektów na trzodę (Jahejo i in., 2019). Warto podkreślić, że większość cytowanych badań prowadzona była w warunkach eksperymentalnych, z ograniczonym wpływem czynników środowiskowych. Brakuje w nich analizy ekonomicznej – koszty dodatków (np. ekstraktów farmaceutycznych), ich przeliczalność na pełnowartościową paszę



oraz opłacalność nie były przedmiotem rozważań. Stosowane surowce to często wyizolowane ekstrakty, a nie formy przystępne cenowo, takie jak suszone zioła, fermentowane komponenty czy pełne surowce paszowe.

W projekcie FeedImproved udało się osiągnąć zbliżone efekty w zakresie FCR (poprawa o 2,5–5,5%), przy zastosowaniu mieszanek paszowych zawierających naturalne dodatki w formach możliwych do stosowania na poziomie gospodarstwa. Co więcej, najlepsze efekty obserwowano nie w grupach z pojedynczym składnikiem, lecz tam, gdzie stosowano kompozycje roślin – np. czosnek z bazylią, kurkumę z mąką z pestek winogron lub połączenia tych składników z enzymami trawiennymi, takimi jak fitaza. To sugeruje, że synergia wielu związków bioaktywnych – nieosiągalna przy stosowaniu jednego ekstraktu – może być kluczem do uzyskania powtarzalnych, stabilnych i praktycznie użytecznych efektów w warunkach produkcji towarowej.

Podsumowując, projekt FeedImproved potwierdza obserwacje literaturowe, ale jednocześnie przenosi je na wyższy poziom użyteczności. Dzięki testom w warunkach gospodarstw rolnych, w skali cyklu produkcyjnego, z uwzględnieniem kosztów dodatków i opłacalności ekonomicznej, pokazuje on rzeczywisty potencjał i granice zastosowania roślinnych komponentów paszowych – nie tylko jako ciekawostek naukowych, ale jako realnych innowacji paszowych dla rolników.



7. Rekomendacje dalszych działań i wnioski

W ramach projektu powstało wiele przemyśleń co do działań i przyszłości sektora trzody chlewnej w kontekście systemu rolno spożywczego. W ramach tych przemyśleń zaproponowano szereg dalszych działań które mogą powodować popyt na nowe rozwiązania badawczo-rozwojowe jak i zwiększać świadomość gospodarczą rolników:

- przeprowadzenie szeregu szkoleń na temat obliczania efektywności ekonomicznej oraz benchmarkingu gospodarstw rolnych
- przeprowadzenie dalszych badań w zakresie wykorzystywania surowców ubocznych z sektora rolno-spożywczego w żywieniu zwierząt, zamiast np. wykorzystywania na biogaz (przypadek mąki z pestek winogron)
- dalszy rozwój działań mikrobiologicznych na rzecz polepszania jakości produkcji oraz jej efektywności ekonomicznej
- ulepszaniu czujników i systemów monitoringu warunków środowiska
- rozwój rozwiązań cyfrowych do nieinwazyjnych badań nad zwierzętami i warunkach ich bytowania wraz z użyciem sztucznej inteligencji
- przebadanie rozwiązań w których rolnik mógłby niskokosztowo wytwarzać dodatki ziołowe dla zwierząt w jakości niższej do spożycia przez ludzi przy niskich nakładach – dzięki technologii np. uprawy pokrzywy, czosnku czy bazylii w standardach nie do spożycia przez ludzi (np. zanieczyszczenie chwastami) możliwe byłoby znaczne obniżenie stosowanych dodatków paszowych
- badania dalszych, innych surowców roślinnych o pozytywnym działaniu na konwersję paszy, stosowanie nowych kombinacji, mieszanek jak i pojedynczych roślin dodawanych do pasz
- badań kombinacji środków syntetycznych z środkami naturalnymi – tak jak np. łączenie enzymów nie występujących w roślinach wraz z substancjami typowymi dla produktów roślinnych.
- wytwarzania premiksów i mieszanek dla małych prosiąt, które mogą być w szczególności podatne na problemy powiązane ze strawnością

Pomysły te wynikają z następujących zidentyfikowanych wyzwań rynkowych:

1. Szkolenia z zakresu benchmarkingu i efektywności ekonomicznej

Wyniki projektu pokazały, że bez systematycznego uwzględniania wskaźników takich jak koszt paszy na przyrost, FCR czy wartość tuszy trudno jest zarządzać gospodarstwem rolnym. Szkolenia z zakresu obliczania efektywności ekonomicznej i benchmarkingu pomiędzy gospodarstwami mogłyby wzmocnić umiejętność interpretacji danych oraz wspierać



proces racjonalizacji decyzji produkcyjnych. To szczególnie istotne w kontekście presji kosztowej i coraz bardziej dynamicznych zmian rynkowych. Rolnicy, którzy potrafią porównywać swoje wyniki z referencyjnymi wartościami branżowymi, są lepiej przygotowani do wdrażania innowacji i minimalizacji ryzyka.

2. Wykorzystanie produktów ubocznych z sektora rolno-spożywczego

Przypadek mąki z pestek winogron pokazał, że produkty uboczne z przetwórstwa żywności mogą mieć realny potencjał paszowy. Ich wykorzystanie nie tylko zwiększa efektywność wykorzystania zasobów, ale również wspiera ideę gospodarki cyrkularnej. Konieczne jest jednak dokładne zbadanie wartości odżywczej, zawartości substancji antyodżywczych oraz wpływu na smakowitość paszy. Kontynuacja badań w tym kierunku mogłaby doprowadzić do identyfikacji nowych, lokalnie dostępnych surowców ubocznych, które mogą być wykorzystane zamiast trafiać np. do produkcji biogazu. Takie podejście zwiększa również niezależność paszową gospodarstw i sprzyja lokalizacji łańcuchów dostaw.

3. Rozwój mikrobiologii w produkcji zwierzęcej

Probiotyki i dodatki mikrobiologiczne wykazały pozytywne efekty w zakresie poprawy konwersji paszy oraz stabilizacji mikroflory jelitowej. Ich działanie jest jednak złożone, zależne od środowiska, wieku zwierząt i składu mieszanki paszowej. Dalszy rozwój działań mikrobiologicznych, w tym zastosowanie nowych szczepów bakterii, badanie synbiotyków i analizowanie ich wpływu na zdrowotność i immunologię, może przyczynić się do ograniczenia stosowania antybiotyków, poprawy dobrostanu i zwiększenia wydajności przy mniejszych nakładach.

4. Udoskonalanie systemów monitoringu środowiska

W trakcie realizacji projektu wykorzystano czujniki CO₂ i NH₃, które pozwoliły na bieżąco analizować jakość powietrza w chlewniach. Jednocześnie zauważono ich wrażliwość na wilgoć, zabrudzenia i warunki panujące w chlewni. Konieczne jest rozwijanie bardziej odpornych, niezawodnych i łatwych w obsłudze urządzeń pomiarowych, które mogłyby być tanio wdrażane w mniejszych gospodarstwach. Rozszerzenie zakresu monitorowanych parametrów o np. pył zawieszony, temperaturę i prędkość powietrza, dałoby pełniejszy obraz wpływu warunków środowiskowych na produkcję i dobrostan.

5. Rozwiązania cyfrowe i AI do nieinwazyjnego monitoringu

Zastosowanie technologii cyfrowych, czujników wizualnych i algorytmów sztucznej inteligencji stwarza możliwość monitorowania zachowań zwierząt, ich aktywności, kondycji zdrowotnej i warunków bytowania bez konieczności fizycznej obecności pracownika.



Integracja danych z czujników środowiskowych i behawioralnych może doprowadzić do wczesnego wykrywania problemów, lepszej reakcji na stres, optymalizacji wentylacji i paszowości. Rozwiązania te mają ogromny potencjał, ale wymagają dalszych testów w warunkach produkcyjnych oraz rozwoju interfejsów przyjaznych dla rolnika.

6. Wytwarzanie dodatków zielonych na poziomie gospodarstwa

Jednym z najciekawszych kierunków rozwoju jest zwiększenie niezależności gospodarstw rolnych poprzez lokalną produkcję dodatków paszowych z surowców zielonych. W trakcie projektu zauważono, że dodatki takie jak czosnek, pokrzywa, bazylia czy majeranek – wprowadzane do paszy w umiarkowanych ilościach – wpływały pozytywnie zarówno na parametry produkcyjne, jak i środowiskowe. Obecnie jednak większość tego typu komponentów jest kupowana w postaci przetworzonej, suszonej lub ekstraktowanej, co znacząco zwiększa ich koszt. Tymczasem niewielka uprawa tych roślin na potrzeby własne, prowadzona w standardzie nieprzeznaczonym do spożycia przez ludzi (np. w obecności chwastów lub bez certyfikacji), może obniżyć koszt ich pozyskania nawet kilkukrotnie.

Badania nad tym, jak w prosty sposób rolnik mógłby suszyć, rozdrabniać i magazynować takie zioła w warunkach gospodarstwa, a także jak dawkować je skutecznie, byłyby odpowiedzią na potrzebę tanich, dostępnych i efektywnych środków wspierających zdrowie i efektywność żywieniową zwierząt. Dodatkowo, taki kierunek sprzyja rozwijaniu produkcji zintegrowanej i lokalnych obiegów gospodarczych, co jest zgodne z założeniami Europejskiego Zielonego Ładu.

7. Badania nad nowymi surowcami roślinnymi i ich kombinacjami

Doświadczenia projektu pokazały, że niektóre komponenty roślinne – takie jak kurkuma, mąka z pestek winogron czy czosnek – mogą mieć pozytywny wpływ na FCR, zdrowie jelit oraz środowisko chlewni. Jednak zakres testowanych surowców wciąż jest ograniczony, a potencjał roślin o działaniu bioaktywnym – ogromny. Konieczne są badania przesiewowe i praktyczne doświadczenia z innymi surowcami roślinnymi, w tym lokalnymi, które nie mają zastosowania w żywieniu ludzi, ale mogą poprawiać trawienie, ograniczać stres oksydacyjny, wspierać mikroflorę jelitową lub ograniczać emisję amoniaku.

Istotne byłoby także badanie różnych kombinacji składników – zarówno pod względem ich synergii działania, jak i możliwych interakcji niepożądanych. Tworzenie mieszanek o ukierunkowanym działaniu (np. wspomagających odporność, trawienie tłuszczów, ograniczających biegunkę) mogłoby znacząco zwiększyć precyzję żywienia i skuteczność pasz



dostosowanych do konkretnej fazy tuczu lub wyzwań środowiskowych w danym gospodarstwie.

8. Łączenie środków naturalnych z syntetycznymi

Projekt potwierdził, że dodatki enzymatyczne – takie jak fitaza – w połączeniu z komponentami roślinnymi mogą działać komplementarnie, poprawiając strawność fosforu, białka i włókna. Jednak wiele enzymów trawiennych nie występuje naturalnie w roślinach i musi być dodawanych w formie syntetycznej. W przyszłości warto prowadzić badania nad optymalnymi kombinacjami enzymów z dodatkami naturalnymi, które będą jednocześnie zwiększać strawność i ograniczać potencjalne negatywne skutki metaboliczne.

Tego typu podejście pozwala na minimalizację dawek syntetycznych składników przy maksymalizacji efektu biologicznego, co może być odpowiedzią na rosnące oczekiwania wobec naturalności żywienia oraz potrzeby ograniczenia kosztów. Potencjał leży m.in. w łączeniu naturalnych substancji przeciwzapalnych z enzymami proteolitycznymi, ekstraktów ziołowych z fitazami, czy tanin z celulazami. Tego typu nowoczesne podejście integrujące różne typy dodatków wymaga jednak ścisłej kontroli, badań dawkowania oraz precyzyjnego dopasowania do wieku, rasy i systemu chowu.

9. Tworzenie specjalistycznych mieszanek dla prosiąt

Najmłodsza grupa wiekowa – prosięta odsadzane – wykazuje największą wrażliwość na zmiany w składzie paszy. Dotychczasowe badania nad innowacjami paszowymi koncentrowały się głównie na tuczu, tymczasem to właśnie w żywieniu prosiąt najczęściej dochodzi do spadku pobrania paszy, biegunek i strat masy, które rzutują na cały cykl produkcyjny. W tej fazie konieczne jest opracowanie dedykowanych, łatwostrawnych mieszanek i premiksów, które zawierałyby m.in. białka o wysokiej przyswajalności (np. hydrolizaty), wyselekcjonowane bakterie probiotyczne, dodatki osłonowe dla śluzówki jelit oraz naturalne przeciwutleniacze i substancje ograniczające stany zapalne.

Dalsze badania w tym zakresie powinny objąć także możliwość dostosowania tych mieszanek do lokalnych warunków i dostępnych komponentów, co pozwoliłoby na ich wdrożenie nie tylko w dużych fermach, ale również w mniejszych, rodzinnych gospodarstwach. Potrzeba stworzenia efektywnych, ale ekonomicznie dostępnych rozwiązań dla najmłodszych zwierząt jest dziś wyraźnym wyzwaniem sektora – i zarazem okazją do wypracowania nowej generacji produktów paszowych.



Literatura:

1. Grela E.R., Krusiński R., Matras J. (1998). Efficacy of diets with antibiotic and herb mixture additives in feeding of growing-finishing pigs *Journal of Animal and Feed Sciences*, 7, 171 – 175.
2. Grela E.R., Świątkiewicz M., Florek M., Wojtaszewska I. (2020). Impact of milk thistle (*Silybum marianum* L.) seeds in fattener diets on pig performance and carcass traits and fatty acid profile and cholesterol of meat, backfat and liver. *Livestock Science* 239 (2020) 104180. doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104180.
3. Guggenbuhl P., Quintana A. P., Nunes C. S. (2007). Comparative effects of three phytases on phosphorus and calcium digestibility in the growing pig. *Livestock Science*, 109, 258-260. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2007.01.109>.
4. Hanczakowska E., Koczywās E. (2008). Zastosowanie enzymów rozkładających polisacharydy nie skrobiowe w żywieniu świń. *Wiadomości zootechniczne R. XLVI*, 2, 9-16.
5. Hanczakowska E., Urbanczyk J., Kühn I., Świątkiewicz M. (2006). Effect of glucanase and xylanase supplementation of feed for weaned piglets. *Annals of Animal Science*, 6(1), 101-108.
6. Jahejo A.R., Rajput N., Wen-xia Tian, Naeem M., Kalhoro D.H., Kaka A., Niu S., Fajie Jia. (2019). Immunomodulatory and Growth Promoting Effects of Basil (*Ocimum basilicum*) and Ascorbic Acid in Heat Stressed Broiler Chickens. *Pakistan J. Zool.*, vol. 51(3), pp 801-807, 2019. DOI: 10.17582/journal.pjz/2019.51.3.801.807.
7. Krajewski K., Niżnikowski R., Ardanowski J.K. (2021). Aktualne wyzwania dla produkcji zwierzęcej – emisja gazów cieplarnianych i marnotrawstwo. *Quo vadis zootechniko?* Monografia 7-33.
8. Kraszewski J., Grega T., Wawrzyński M. (2004). Effect of feeding herb mixture on cow performance, modification of milk chemical composition, technological value of milk for processing and nutritive value for humans. *Ann. Anim. Sci.*, 4. 1: 91–100.
9. Księżak J., Gawel E., Staniak M. (2010). Dodatki paszowe stosowane w żywieniu zwierząt monogastrycznych i przeżuwaczy. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, z. 23, 9-34. doi: 10.26114/sir.iung.2010.23.01.
10. Makala H. (2022). Zioła i fitogeniczne dodatki paszowe w żywieniu drobiu. *Medycyna weterynaryjna* 78, 1, 11-18.
11. Marszałek M., Banach M., Kowalski Z. (2011). Wpływ gnojowicy na środowisko naturalne - potencjalne zagrożenia. *Journal of Ecology and Health* 15,2, 66-70.
12. Mathison G. W., Okine E. K., McAllister T. A., Dong Y., Galbraith J., Dmytruk O. I.N. (1998). Reducing Methane Emissions from Ruminant Animals. *Journal of Applied Animal Research*, Vol. 14, Issue 1, 1-28. doi.org/10.1080/09712119.1998.9706212.
13. Min Y., Choi Y., Kim Y., Jeong Y., Kim D., Kim J., Jung H., Song M. (2019). Effects of protease supplementation on growth performance, blood constituents, and carcass characteristics of growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science and Technology*, 61 (4), 234-238. DOI: <https://doi.org/10.5187/jast.2019.61.4.234>.



14. Moniruzzaman M., Kim D., Kim H., Kim N., Chin S., Karthikeyan A., Han K., Min T. (2023). Evaluation of dietary curcumin nanospheres as phytobiotics on growth performance, serum biochemistry, nutritional composition, meat quality, gastrointestinal health, and fecal condition of finishing pigs. *Front. Vet. Sci.* 10:1127309.doi: 10.3389/fvets.2023.1127309.
15. Radkowska I. (2013). Wykorzystanie ziół i fitogenicznych dodatków paszowych w żywieniu zwierząt gospodarskich. *Wiadomości zootechniczne R. LI, 4*, 117-124.
16. Radzikowski D., Milczarek A. (2021). Selected feed additives used in pig nutrition. *Journal of Central European Agriculture* 22 (1), 54-65. DOI: /10.5513/JCEA01/22.1.2927.
17. Węglarzy K., Klęczek Cz., Bereza M., Pellar A. (2010). Znaczenie zastosowania świeżych ziół w żywieniu bydła mlecznego. *Mat. XVIII Szkoły Zimowej Hodowców Bydła*, 218–227.
18. Zheng Y., Li Y., Yu B., Huang Z., Luo Y., Zheng P., Mao X., Yu J., Tan H., Luo J., Yan H., He J. (2024) Grape seed proanthocyanidins improves growth performance, antioxidative capacity, and intestinal microbiota in growing pigs. *Front. Microbiol.* 15:1501211. doi: 10.3389/fmicb.2024.1501211.