



Dofinansowane przez
Unię Europejską



Zastosowanie kwasów organicznych jako alternatywa dla antybiotyków oraz możliwość poprawy efektywności żywienia trzody chlewnej

Z uwagi na istotną rolę mikroflory przewodu pokarmowego w utrzymaniu zdrowia i wysokiej produktywności świń wzrasta zainteresowanie kwasami organicznymi jako dodatkami paszowymi, które oddziałują na mikroorganizmy zamieszkujące przewód pokarmowy.

Ważne znaczenie w prawidłowej równowadze mikrobiologicznej przewodu pokarmowego odgrywa pH treści żołądka i jelit. Odczyn treści przewodu pokarmowego zmienia się na całej jego długości. Uwalnianie kwasu solnego w żołądku zmienia pH jego treści, co ma duży wpływ na funkcjonowanie całego przewodu pokarmowego. U dorosłych świń pH żołądka wynosi 2,5-4,0, a u odsadzonych prosiąt typowe wartości pH to 4,5-7,0. Niskie pH jest wymagane do zainicjowania procesu trawienia białka przez pepsynę oraz hamowania wzrostu bakterii. Odczyn jelita cienkiego wynosi od 4,5 do 6,5. W jelicie grubym pH wzrasta i kształtuje się na poziomie 6-8. Wyższe pH faworyzuje rozwój bakterii. Niestrawiona pasza jest fermentowana do kwasu mlekowego i lotnych kwasów tłuszczowych – LKT (octowy, propionowy, masłowy). Lotne kwasy tłuszczowe są źródłem energii dla komórek nabłonka jelit oraz modyfikują aktywność motoryczną przewodu pokarmowego. Uczestniczą ponadto w utrzymaniu bariery śluzówkowej oraz hamują rozwój patogenów.

U prosiąt w okresie ssania mleko matki wpływa na rozwój bakterii fermentacji mlekowej (*Lactobacillus* spp.) w przewodzie pokarmowym, które hydrolizują laktozę do kwasu mlekowego i małych ilości lotnych kwasów tłuszczowych. Jest to jeden z mechanizmów hamujących rozwój bakterii patogennych wymagających do rozwoju wyższego pH (Tabela 1). Produkcja kwasów, szczególnie mlekowego, przez bakterie kwasu mlekowego i inne, jest

Tabela 1. Przybliżony zakres pH dla rozwoju bakterii patogennych.

	Minimum	Optimum	Maksimum
<i>Clostridium perfringens</i>		6.0-7.6	8.5
<i>Escherichia coli</i>	4.3-4.4	6.0-8.0	9.0-10.0
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	4.4-5.6	6.6-7.0	8.0-9.0
<i>Salmonella</i> sp.	4.0-5.0	6.0-7.5	9.0
<i>Staphylococcus</i> spp.	4.2	6.8-7.5	9.3

Johnston, 1991

głównym czynnikiem regulującym aktywność mikrobiologiczną jelit. Kwas mlekowy zarówno w warunkach in vivo, jak i in vitro hamuje wzrost bakterii patogennych takich jak m.in. *E. coli*. Produkty fermentacji, w zależności od wielu czynników, są jednak bardzo zróżnicowane zarówno pod względem ilościowym, jak i jakościowym. W żołądku dominuje kwas mlekowy, podczas gdy w jelicie ślepym głównym produktem wytwarzanym przez bakterie są lotne kwasy tłuszczowe.

W okresie odchowu mamy często do czynienia z problemami biegunkowymi u prosiąt. Szczególnie krytycznym okresem jest odsadzenie prosiąt. W tym czasie dochodzi do zaburzeń pokarmowych, których przyczyną

Tabela 2. Analiza wieloczynnikowa efektywności różnych kwasów w żywieniu odsadzonych prosiąt.

Wyszczególnienie	Kwas mrówkowy	Kwas fumarowy	Kwas cytrynowy	Dwumrówczan potasu
Liczba doświadczeń	6	18	9	3
Poziom kwasu, g/kg	3-18	5-25	5-25	4-24
Pobranie paszy, g/dzień				
- grupa kontrolna	667	613	534	764
- grupa doświadczalna	710	614	528	823
Przyrosty m.c., g/dzień				
- grupa kontrolna	387	358	382	479
- grupa doświadczalna	428	374	396	536
Wykorzystanie paszy				
- grupa kontrolna	1.64	1.59	1.67	1.60
- grupa doświadczalna	1.60	1.55	1.60	1.54

Partanen, 2001

jest m.in. niedostateczna produkcja kwasu solnego, enzymów trzustkowych oraz nagłe zmiany konsystencji i pobrania paszy. W tym okresie prosięta charakteryzują się również małą odpornością, co dodatkowo zwiększa ostrość komplikacji zdrowotnych. Jedną z metod ograniczenia występowania wyżej wymienionych problemów jest stosowanie kwasów organicznych w mieszankach paszowych. Żywienie prosiąt mieszankami paszowymi zawierającymi kwasy organiczne wpływa ponadto na poprawę przyswajalności składników pokarmowych. Używanie tego typu dodatków paszowych ogranicza również rozwój w paszach grzybów i bakterii chorobotwórczych.

W żywieniu świń mogą być wykorzystywane kwasy nieorganiczne i organiczne. Z pierwszej grupy stosowany jest przede wszystkim kwas ortofosforowy. W produkcji dodatków zakwaszających używanych jest cały szereg kwasów organicznych, takich jak mlekowy, fumarowy, cytrynowy, sorbowy, jabłkowy, propionowy, mrówkowy i masłowy. Charakteryzują się one różną masą cząsteczkową, rozpuszczalnością w wodzie oraz stałą dysocjacji (pKa). Niska wartość współczynnika pKa związana jest z silnymi właściwościami zakwaszającymi w żołądku. Niektóre kwasy charakteryzuje kilka stałych dysocjacji, co powoduje, że są one aktywne w różnych odcinkach przewodu pokarmowego. Kwasy organiczne i nieorganiczne mogą być stosowane pojedynczo lub w mieszaninach na nośniku stałym lub w postaci płynnej. Kwasy mogą być chronione przed szybką dysocjacją w wyniku zastosowania technologii mikrokapsułkowania lub poprzez specjalne kwasy tłuszczowe. Niekiedy rodzaj nośnika lub jego struktura mogą spowalniać proces uwalniania i dysocjacji kwasów.

Mechanizm działania dodatków zakwaszających jest wielokierunkowy. Obniżenie pH treści żołądka zwiększa efektywność enzymów proteolitycznych oraz wydłuża czas przebywania pokarmu w żołądku. W efekcie obserwuje się korzystny wpływ na strawność białka. Pepsynogen jest szybko aktywowany w pH 2, podczas gdy proces ten przebiega bardzo wolno w pH 4. Produkty końcowe trawienia białka, pepsyna i niskie pH

treści pokarmowej stymulują wydzielanie enzymów trzustkowych.

Stres związany z odsadzeniem prosiąt wpływa na zmiany w składzie mikroflory, które często prowadzą do biegunek. Niskie pH hamuje pasaż patogenów do jelita cienkiego, wpływa ponadto korzystnie na rozwój bakterii fermentacji mlekowej w żołądku, co hamuje kolonizację jelit bakteriami *E. coli*. Użycie w mieszankach paszowych kwasów organicznych może zmniejszać zasiedlanie jelit bakteriami *E. coli* i ograniczać występowanie biegunek. Zakwaszacze wpływają więc na skład mikroflory przewodu pokarmowego.

Mechanizm antybakteryjnego działania kwasów i ich soli jest zróżnicowany. Część kwasów oddziałuje bezpośrednio na niekorzystne bakterie zasiedlające przewód pokarmowy (formy niezdysocjowane), inne stabilizują mikroflorę poprzez obniżenie pH. Kwasy organiczne o niskiej stałej dysocjacji szybko obniżają pH w żołądku i w początkowym odcinku jelita cienkiego i z tego względu nie są efektywne w dalszych odcinkach przewodu pokarmowego. Kwasy w formie niezdysocjowanej po przejściu przez ścianę bakterii obniżają pH wewnątrz komórki. Bakterie muszą usuwać kationy wodorowe, a to wymaga nakładu energii i osłabia bakterie. W efekcie następuje zatrzymanie rozwoju



Tabela 3. Wpływ n-maślanu na śluzówkę jelit u prosiąt.

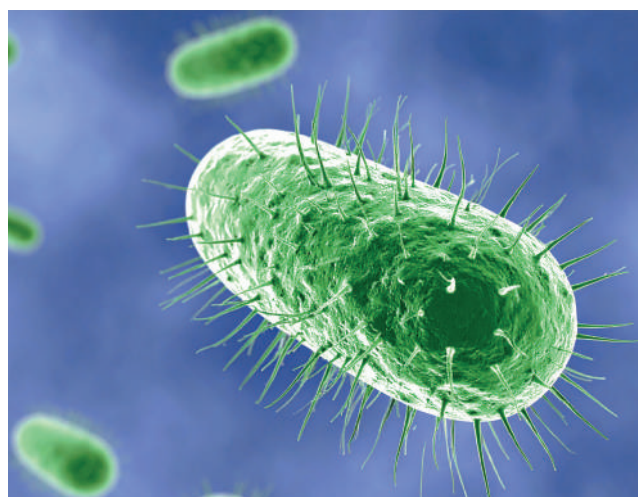
Wyszczególnienie	Grupa kontrolna	n-maślan
Kosmki (μm)	266,7	315,6
Kosmki + krypty (μm)	446,0	494,4

mikroorganizmów lub nawet ich śmierć. Obniżenie wewnątrzkomórkowego pH inicjuje również inne mechanizmy: hamuje glikolizę i aktywny transport. Część anionowa kwasu może być usuwana tylko w formie niezdyssocjowanej, a jej kumulacja jest toksyczna dla bakterii patogennych. Inne bakterie (fermentacji mlekowej), które nie są wrażliwe na niskie pH, mogą tolerować duże różnice wewnątrz- i zewnątrzkomórkowego pH. Jedyną drogą dostarczenia kwasów w formie niezdyssocjowanej do jelit jest ich ochrona poprzez osadzenie na określonej matrycy lub ich otoczkowanie. Stosowanie chronionych kwasów organicznych eliminuje używanie dużych dawek kwasów w tradycyjnej postaci.

Wiele badań wykazało korzystny wpływ zakwaszania na strawność i retencję składników pokarmowych. Kwasy organiczne mogą poprawiać absorpcję składników mineralnych, szczególnie Ca i P. Niektóre badania wykazały również wzrost efektywności enzymów paszowych, w tym fitazy po zastosowaniu w mieszankach dodatków zakwaszających.

Większość kwasów może stanowić źródło energii. Kwasy wpływają korzystnie na metabolizm energii i charakteryzują się istotnie dużą zawartością energii, która jest całkowicie metabolizowana. Wartość energetyczna kwasów może być używana w bilansowaniu energii.

Z uwagi na wyżej wymienione zalety, stosowanie zakwaszaczy w mieszankach dla prosiąt wpływa korzystnie na ograniczenie częstotliwości występowania biegunk oraz wyniki odchowu. W żywieniu starszych świń (tuczniaki, lochy) efektywność zakwaszaczy jest mniejsza niż w żywieniu prosiąt, jednak ich stosowanie ma korzystny wpływ na status zdrowotny i wyniki produkcyjne. Silne ergotropowe działanie wykazują następujące kwasy: mrówkowy, mlekowy, sorbowy, fumarowy, cytrynowy i jabłkowy. U prosiąt mniejszą skuteczność obserwuje się przy stosowaniu w mieszankach paszowych kwasu octowego i propionowego. Nie wszystkie kwasy są podobnie skuteczne. Na przykład kwas mrówkowy jest



efektywniejszy niż propionowy, fumarowy i cytrynowy. W żywieniu mogą być również stosowane kwasy w postaci soli sodowych, wapniowych i potasowych. Używanie soli jako dodatków zakwaszających wynika z faktu, że są one mniej agresywne (korozyjne), charakteryzują się mniej drażniącym zapachem, a ich sypka postać ułatwia dozowanie w produkcji mieszanek paszowych.

Produkcja kwasów, szczególnie mlekowego, przez bakterie fermentacji mlekowej jest naturalnym mechanizmem regulującym skład mikroflory przewodu pokarmowego. Z tego względu używanie tego kwasu w dodatkach zakwaszających jest bardzo efektywne. Kwas mlekowy wpływa na poprawę wyników odchowu prosiąt, a korzyści jego stosowania związane są, niezależnie od efektu antibakteryjnego, ze stymulacją rozwoju bakterii fermentacji mlekowej, wydzielania enzymów trzustkowych, jak również korzystnym wpływem na regenerację kosmków jelitowych.

Aktywność kwasu mlekowego skierowana jest głównie przeciwko bakteriom, podczas gdy wiele grzybów i drożdży może metabolizować ten związek. Duże dawki kwasu mlekowego mogą zwiększać ruchy perystaltyczne jelit, co nie zawsze jest korzystne. Z tego względu efektywniejsze jest stosowanie kwasu mlekowego w mieszaninie z innymi kwasami.

Kwas mrówkowy jest często używanym kwasem organicznym w żywieniu świń. Stosowany jest zarówno w preparatach konserwujących jak i zakwaszających. Aktywność antibakteryjna tego kwasu jest skierowana głównie przeciwko drożdżom i niektórym bakteriom, podczas gdy bakterie fermentacji mlekowej są stosunkowo odporne na jego działanie. Kwas mrówkowy jest efektywny w małej koncentracji przeciwko bakteriom *E. coli*, ponadto jest skuteczny w eliminacji bakterii *salmonella* z pasz. Stosowanie kwasu mrówkowego wpływa na poprawę wyników odchowu prosiąt (Tabela 2). Nadmierne dawki tego kwasu mogą jednak, u świń z niskim poziomem kwasu foliowego w wątrobie, powodować metaboliczną kwasicę (Partanen 2001).

Kwas cytrynowy i fumarowy są często stosowanymi składnikami preparatów zakwaszających. Ich efektywność jest mniejsza niż kwasu mrówkowego. Silnym związkiem antibakteryjnym jest kwas sorbowy, charakteryzuje się on jednak stosunkowo wysoką ceną.



W mieszaninach kwasów obserwuje się jednak efekt synergistyczny, co powoduje, że dawki poszczególnych kwasów mogą być mniejsze niż w przypadku stosowania jako zakwaszaczy pojedynczych kwasów. Ponadto różne kwasy charakteryzują się walorami innymi niż tylko działanie antybakteryjne. Na przykład kwas cytrynowy m.in. stymuluje wydzielanie enzymów trzustkowych, oddziałuje przeciwzapalnie na błony śluzowe oraz poprawia walory smakowe mieszanek paszowych.

Kwas propionowy oddziałuje hamująco głównie na grzyby, podczas gdy jego aktywność antybakteryjna jest mała. Minimalna koncentracja kwasu octowego lub propionowego, która hamuje rozwój bakterii *E. coli* jest 5-krotnie większa niż kwasu mrówkowego.

W preparatach zakwaszających używany jest również kwas ortofosforowy. Charakteryzuje się on niską stałą dysocjacji. Z tego względu szybko obniża pH treści pokarmowej. Jego stosowanie pobudza apetyt, wydzielanie śliny i kwasu solnego. Jest on źródłem wysoko przyswajalnego fosforu.

Ciekawe są również doniesienia dotyczące efektywności średnio łańcuchowych kwasów tłuszczowych (kapronowy – C6, kaprylowy C8, kaprynowy C10), które hamują rozwój bakterii patogennych, takich jak *E. coli* i *C. perfringens* (den Hartog i in. 2005).

W preparatach zakwaszających dla świń stosowany jest czasami maślan. Występujący w mleku loch n-maślan wpływa na zmniejszenie liczebności bakterii *E. coli* w jelicie cienkim i grubym. Efektem działania tego związku jest wzrost liczebności bakterii *Lactobacillus* w jelitach oraz regeneracja i zwiększenie długości kosmków jelitowych (Galfi, 1993) - Tabela 3.

Powyższe zależności zostały potwierdzone w badaniach Wanga i in. (2007), w których maślan sodu stosowano w mieszanekach w ilości 1 kg/t. Konsekwencją ww. zmian jest poprawa strawności składników pokarmowych, wzrost powierzchni chłonnej oraz intensyfikacja procesów transportu jelitowego. W badaniach (Galfi i Neogràdys, 1996) zaobserwowano, że dodatek maślanu sodu (0,17%) do mieszanek dla prosiąt wpłynął na ograniczenie kolonizacji jelit patogennymi szczepami *E. coli* oraz wzrost liczebności bakterii *Lactobacillus*. Uszkodzenie kosmków jelitowych następuje w wyniku działania białek antygenowych oraz jest rezultatem działania

toksyn bakteryjnych. Kwas masłowy jest głównym źródłem energii dla komórek nabłonkowych jelita grubego i końcowego odcinka jelita cienkiego. Stosowanie kwasu masłowego może zmniejszać niektóre negatywne efekty odsadzenia prosiąt (np. zmiany w budowie kosmków jelitowych). Powyższe zależności nie potwierdzają się jednak we wszystkich badaniach (Biagi i in. 2007). W cytowanym doświadczeniu stosowanie maślanu nie wpłynęło na poprawienie wyników odchovu prosiąt.

Kwas masłowy jest stosowany w postaci soli. Na rynku są dostępne również preparaty otoczkowanego kwasu masłowego. Działanie typowych zakwaszaczy ogranicza się głównie do żołądka. Stosowanie chronionych (otoczkowanych) zakwaszaczy częściowo rozwiązuje ten problem, aczkolwiek również takie formy kwasów organicznych mogą być neutralizowane przez zasadowy odczyn jelit. Uwzględniając specyfikę problemów pokarmowych należy dążyć do stosowania produktów, których działanie rozszerza się na cały przewód pokarmowy (żołądek, jelita) oraz obejmuje również inne, niż antybakteryjne, oddziaływania, np. stymulację rozwoju kosmków jelitowych i sekrecji enzymów endogennych.

Wyniki badań *in vitro* wskazują, że bardzo silnym działaniem antybakteryjnym charakteryzuje się kwas benzoesowy (Knarreborg i in., 2002). Zastosowanie tego kwasu w mieszanekach dla odsadzonych prosiąt w ilości 0,5% wpływa korzystnie na wyniki odchovu (Guggenbuhl i in. 2007, Torrallardona i in. 2007). Potwierdzono również korzystny wpływ takiej suplementacji na strawność energii i aminokwasów. Dodatek kwasu benzoesowego wykazał silny efekt antybakteryjny w stosunku do wielu bakterii patogennych.

Efektywność stosowania zakwaszaczy w mieszanekach paszowych dla świń zależy od wielu uwarunkowań. Podstawowym czynnikiem jest rodzaj i poziom kwasów. Na podstawie przeprowadzonych badań trudno jest ustalić optymalny skład mieszaniny kwasów i ich dawkę. Bardzo skutecznym zakwaszaczem jest kwas mrówkowy. Eckel i in. (1992) stosowali w mieszanekach dla odsadzonych prosiąt kwas mrówkowy w ilości 6, 12 lub 18 g/kg i uzyskali poprawę przyrostów masy ciała, odpowiednio o 23, 31 i 29%. Podobne wyniki uzyskano w badaniach Eidelsburgera i in. (1992). Depresja pobrania paszy była obserwowana przy dawce większej



niż 18 g/kg. Zastosowanie w mieszankach dla prosiąt odsadzonych kwasu cytrynowego wpływa na poprawę przyrostów masy ciała od 1,3 do 14,3% i wykorzystania paszy o 6-11% (Ravindran i Kornegay 1993). Najlepsze wyniki uzyskuje się zwykle w okresie pierwszych 3 tygodni życia prosiąt i przy dodatku większym niż 3%. Wiele badań wykazało stabilny wpływ kwasu fumaryowego na wyniki odchovu prosiąt, szczególnie przy poziomie tego kwasu większym niż 2% (Easter, 1988; Ravindran i Kornegay, 1993). Bolduan i in. (1988), Sweet i in. (1990) oraz Mathew i in. (1991) wykazali poprawę przyrostów masy ciała, kiedy w mieszankach dla odsadzonych prosiąt stosowano kwas propionowy (0,1 do 1%), natomiast w innych badaniach (Giesting i Easter, 1985 i Thacker i in. 1992) wykazano, że dodatek kwasu propionowego w ilości 2 lub 2,5% nie miał korzystnego wpływu na wzrost lub wykorzystania paszy u odsadzonych prosiąt. Powyższe informacje wskazują, że efektywność kwasów organicznych w żywieniu prosiąt jest zróżnicowana, ponadto skuteczne w działaniu są relatywnie duże dawki kwasów. Z tego względu w praktyce stosowane są mieszaniny kwasów.

Kolejny czynnik decydujący o efektywności zakwaszania to skład mieszanek paszowych. Białko, a szczególnie składniki mineralne, są składnikami o właściwościach buforowych. Zwiększona ich ilość powoduje wiązanie naturalnie powstającego w żołądku kwasu solnego. Z tego względu w okresie okołoodsadzeniowym często stosowane są mieszanki o obniżonym poziomie białka i wapnia, a zakwaszanie pasz dla prosiąt powinno być stałym elementem programu żywieniowego. Jest to szczególnie istotne w przypadku, gdy głównym źródłem białka w mieszankach dla prosiąt jest poekstrakcyjna śruta sojowa. Stosowanie w mieszankach dla prosiąt pasz mlecznych, zawierających laktozę, która naturalnie fermentuje w żołądku (część wpustowa) do kwasu mlekowego, wpływa na obniżenie pH w przewodzie pokarmowym. Z tego względu zakwaszanie takich mieszanek jest nieco mniej efektywne w porównaniu z mieszankami zawierającymi jako główne źródła białka poekstrakcyjną śrutę sojową. Duży wpływ na pojemność buforową pasz mają związki mineralne. W mieszankach dla prosiąt część, niekiedy nawet całość kredy pastewnej (węglan wapnia), zastępowana jest innymi źródłami tego makroelementu (mrówczan, cytrynian wapnia). Wycofanie części fosforanów dzięki zastosowaniu enzymu fitazy również wpływa korzystnie na obniżenie pojemności buforowej mieszanek paszowych dla prosiąt.



Wyniki badań wskazują, że stosowanie dodatków zakwaszających w mieszankach paszowych lub w wodzie do picia zmniejsza częstotliwość występowania biegunk u prosiąt o 40%. Wykorzystanie kwasów organicznych w żywieniu prosiąt wpływa na poprawę strawności składników pokarmowych. W efekcie obserwuje się zwiększenie przyrostów masy ciała, średnio o 11%. Efektywność kwasów organicznych jest bardzo zbliżona do antybiotykowych stymulatorów wzrostu; z tego względu mogą być one szczególnie użyteczne w mieszankach bez antybiotyków. Efektywność soli kwasów organicznych (np. mrówczan sodu lub wapnia) jest nieco mniejsza, a ich stosowanie zwiększa przyrosty o 5-7%, a wykorzystania paszy o 3-4%.

W podsumowaniu można stwierdzić, że zakwaszacze są alternatywą dla antybiotyków paszowych. W mieszankach dla prosiąt ssących i odsadzonych stosowanie preparatów zakwaszających należy uznać za niezbędny element programu żywieniowego. Wykorzystanie w produkcji mieszanek dla prosiąt kwasów organicznych, obok zmniejszenia pojemności buforowej pasz (obniżenie poziomu wapnia i białka), jest podstawowym elementem profilaktyki przeciwbiegunkowej u prosiąt. Zastosowanie zakwaszaczy w żywieniu tuczników i loch ma korzystny wpływ na status zdrowotny i wyniki produkcyjne.

prof. dr hab. Krzysztof Lipiński

Katedra Żywienia Zwierząt,

Paszoznawstwa i Hodowli Bydła

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Materiał dofinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Planu Strategicznego dla Wspólnej Polityki Rolnej na lata 2023-2027 - Schemat II Pomocy Technicznej WPR 2023-2027 - Wsparcie operacji realizowanych w ramach KSOW+. Materiał opracowany w ramach operacji „Postęp genetyczny i nowe technologie w chowie i hodowli trzody chlewnej”. Operacja realizowana przez Pomorski Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Lubaniu. Instytucja Zarządzająca Planem Strategicznym dla Wspólnej Polityki Rolnej na lata 2023-2027 - Minister Rolnictwa i Rozwoju Wsi.

Materiał opracowany w ramach operacji „Postęp genetyczny i nowe technologie w chowie i hodowli trzody chlewnej”. Cel operacji: popularyzacja nowoczesnych rozwiązań hodowlanych i technologicznych, które zwiększają efektywność produkcji przy jednoczesnym ograniczaniu negatywnego wpływu na środowisko. Działania te mają na celu promowanie innowacyjnych metod, które optymalizują procesy produkcyjne, poprawiają wyniki hodowlane i jednocześnie wspierają zrównoważony rozwój. Konferencja skoncentrowana na wymianie wiedzy i doświadczeń dotyczących innowacyjnych procesów i technologii związanych z chowem i hodowlą trzody chlewnej.

Więcej o KSOW+: <https://podr.pl/ksow/>, <https://www.ksowplus.pl/>, <https://www.facebook.com/ksowplus>