

ZNACZENIE ZDOLNOŚCI WIĄZANIA KWASÓW (ABC) W ŻYWIENIU DROBIU



Krzysztof Lipiński

Katedra Żywienia Zwierząt,
Paszoznawstwa i Hodowli Bydła
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski
w Olsztynie

Zdolność wiązania kwasów (ABC) i pojemność buforowa mieszanek paszowych są parametrami, które mogą istotnie wpływać na warunki zakwaszania treści pokarmowej u drobiu. Z praktycznego punktu widzenia wysokie wartości ABC oznaczają, że treść pokarmowa wymaga większego udziału kwasu solnego, aby osiągnąć pH sprzyjające aktywacji pepsyny, wstępnemu trawieniu białka oraz ograniczeniu przeżywalności części drobnoustrojów. U młodych ptaków ma to szczególne znaczenie, ponieważ w pierwszych dniach życia zdolność szybkiego zakwaszania treści pokarmowej jest ograniczona. U kur niosek problem ma nieco inny charakter i wynika głównie z wysokiego udziału komponentów mineralnych, zwłaszcza kredy pastewnej w mieszankach paszowych. Znaczenie ABC i pojemności buforowej staje się szczególnie widoczne także w okresach stresu i problemów jelitowych, kiedy ptaki gorzej tolerują błędy żywieniowe. W takich warunkach nadmiar niestrawionych substratów oraz mniej korzystne pH treści w przewodzie pokarmowym mogą sprzyjać zaburzeniom mikrobioty, pogorszeniu wykorzystania paszy i obniżeniu wyników produkcyjnych.

W praktyce formulacyjnej ABC należy traktować jako parametr pomocniczy, który ułatwia ocenę, na ile mieszanka będzie „łatwa do zakwaszenia”. Nie jest to jedyny czynnik decydujący o wynikach produkcyjnych, ale może być bardzo użyteczny przy analizie składu receptury, zwłaszcza wtedy, gdy porównuje się różne źródła wapnia i fosforu, poziom pasz wysokobiałkowych, dobór zakwaszaczy oraz wykorzystanie fitazy. Z punktu widzenia wytwórni pasz i formulacji najważniejsze jest więc nie tyle samo oznaczenie ABC, ile zrozumienie, które składniki najsilniej kształtują jego wartość.

W literaturze i praktyce żywieniowej spotyka się dwa powiązane pojęcia: pojemność buforową (BC) oraz zdolność wiązania kwasów

(ABC). BC opisuje odporność próbki na zmianę pH, natomiast ABC określa ilość kwasu potrzebną do doprowadzenia surowca lub mieszanki do zadanego punktu końcowego pH. W zastosowaniach praktycznych wygodniejszym wskaźnikiem jest ABC, ponieważ łatwiej pozwala ocenić wpływ receptury na zakwaszanie treści pokarmowej. Wyniki należy jednak zawsze porównywać wyłącznie w obrębie tego samego standardu pomiarowego, ponieważ wartości ABC zależą od przyjętego końcowego pH.

W mieszankach paszowych dla drobiu najsilniej na wartość ABC wpływa frakcja mineralna, następnie pasze wysokobiałkowe, a w dalszej kolejności dodatki paszowe, w tym zakwaszacze, źródła sodu oraz premiksy mineralno-witaminowe. W praktyce oznacza to, że kontrola ABC nie polega zwykle na drobnych korektach pojedynczych dodatków, lecz na świadomym doborze głównych komponentów receptury.

Najważniejszym praktycznym czynnikiem kształtującym ABC mieszanek dla drobiu jest wapń – zarówno jego poziom, jak i forma chemiczna oraz właściwości fizyczne zastosowanego surowca. Kreda pastewna (CaCO_3) należy do najsilniej buforujących składników stosowanych w formulacji mieszanek paszowych, dlatego nawet niewielkie zmiany jej udziału mogą wyraźnie zmieniać zdolność wiązania kwasów całej mieszanki. Co ważne, kreda nie jest surowcem jednorodnym. Znaczenie ma nie tylko jej ilość, ale również asortyment, wielkość cząstek, rozpuszczalność i reaktywność w środowisku kwaśnym. Z praktyki i badań własnych wynika, że kreda o małych cząstkach może wykazywać wyraźnie większą zdolność wiązania kwasów niż kreda o większych cząstkach, co oznacza, że przy ocenie wpływu wapnia na ABC nie wystarczy uwzględnić wyłącznie poziomu Ca w recepturze.

Dane zestawiane w piśmiennictwie wskazują, że ABC-4 kredy może osiągać wartości rzędu kilkunastu tysięcy mEq/kg (12 932 mEq/kg – Lawlor i in. 2005), a ABC-2 19567 mEq/kg (David i in. 2024), co sprawia, że nawet niewielkie zmiany udziału CaCO_3 w recepturze mogą wyraźnie zwiększyć zdolność wiązania kwasów (ABC) całej mieszanki paszowej. W piśmiennictwie podkreśla się, że dużą zmienność wartości ABC/BC w obrębie tej samej paszy mineralnej (w tym w kredzie pastewnej) może wynikać m.in. z właściwości próbki takich jak rozmiar cząstek i rozpuszczalność. W przypadku muszli ostryg wartości ABC w stosunku do kredy pastewnej kształtowały się następująco: 11355 vs. 10966 mEq/kg (pH 4), 12517 vs. 12698 mEq/kg (pH 3), 18 858 vs. 19567 mEq/kg (pH 2) (David i in. 2024).

Źródła branżowe oraz praktyczne zalecenia formułacyjne wskazują, że częściowa zamiana kredy pastewnej (CaCO_3) na mrówczan wapnia jako źródło wapnia w mieszankach dla młodych ptaków może stanowić jedno z rozwiązań służących obniżeniu pojemności buforowej i wartości ABC mieszanek paszowych. W klasycznych oznaczeniach Lawlora i in. (2005) wartość ABC-4 dla kredy pastewnej (CaCO_3) wynosiła około 12 932 mEq/kg, a dla mrówczanu wapnia 3983 mEq/kg.

Dodatkowym, bardzo praktycznym kierunkiem ograniczania ABC w mieszankach dla drobiu jest precyzyjne bilansowanie wapnia — nie tylko przez dobór jego źródła, lecz także przez unikanie nadmiaru Ca. W praktyce oznacza to, że obecnie częściej stosuje się niższe poziomy Ca w mieszankach niż dawniej, zwłaszcza w mieszankach starter, ponieważ to właśnie wtedy wysoka zdolność wiązania kwasów najsilniej utrudnia obniżenie pH treści w żołądku, a pisklęta mają ograniczoną zdolność wydzielania HCl.

Obniżanie wskaźnika ABC w obszarze wapnia powinno iść dwutorowo: (1) zmiana formy Ca (np. częściowa zamiana CaCO_3 na mrówczan wapnia, tam gdzie to ma sens żywieniowy i ekonomiczny), oraz (2) redukcja nadmiaru całkowitego Ca poprzez precyzyjne bilansowanie Ca:P w oparciu o strawność i wykorzystanie matrycy fitazy, co pozwala ograniczyć ilość silnie buforujących pasz mineralnych w mieszance zamiast poprawiać wskaźnik ABC mieszanek wyłącznie wysokimi dawkami zakwaszaczy.

Fosfor jest równie istotny, a zwłaszcza forma fosforanów stosowanych w mieszankach paszowych. Pod względem ABC różnice między fosforanami mogą być bardzo duże: w klasycznych pomiarach Lawlora i in. (2005) fosforan 2 Ca (DCP) miał wysokie ABC-4 - średnio 3098 ± 1028 mEq/kg, natomiast fosforan monodwuwapniowy (MDCP) miał wielokrotnie mniejsze wartości - średnio 291 ± 160 mEq/kg (Lawlor i in., 2005). W przypadku fosforanu 1 Ca (MCP) wartość ABC-4, to tylko 73 mEq/kg (Stas i in. 2022). Oznacza to, że wybór MCP zamiast DCP bywa jedną z najbardziej „wydajnych” strategii obniżania ABC mieszanek paszowych – oczywiście pod warunkiem utrzymania prawidłowego stosunku Ca:P oraz uwzględnienia dostępności fosforu.

W tym miejscu kluczowa jest rola fitazy, ponieważ pozwala ona zmniejszyć udział fosforanów mineralnych (a więc także częściowo obniżyć ładunek buforowy z frakcji mineralnej) przy zachowaniu

pokrycia potrzeb na fosfor strawny. Fitaza hydrolizuje fityniany, zwiększając strawność i retencję fosforu, a jednocześnie ogranicza antyżywniowe działanie fitynianu (wiążanie składników mineralnych, białek), co pośrednio poprawia wykorzystanie składników pokarmowych i stabilizuje środowisko jelit (porównania poziomów i dawek fitazy pokazują systematyczny wzrost strawności P wraz z dodatkiem enzymu). W praktyce formułacyjnej najlepszy efekt zarówno dla ABC, jak i dla wykorzystania składników mineralnych daje podejście łączone: (1) wybór fosforanu o niższym ABC, (2) redukcja dodatku fosforanów dzięki fitazie, oraz (3) utrzymywanie właściwego stosunku Ca:P, ponieważ nadmiar Ca może ograniczać efektywność fitazy i zwiększać buforowość mieszanki. To właśnie w takim układzie źródło P staje się elementem sterującym zakwaszaniem treści żołądkowej i stabilnością jelit.

Na pojemność buforową mieszanki paszowej wpływa również sól, jednak jego roli nie należy oceniać wyłącznie na podstawie poziomu tego pierwiastka, lecz przede wszystkim przez pryzmat formy chemicznej związku, w jakiej jest on wprowadzany do receptury. Dobrze pokazuje to porównanie podstawowych źródeł sodu. Chlorek sodu (NaCl) ma stosunkowo niewielki wpływ na zdolność wiązania kwasów, ponieważ jego wartość ABC-4 wynosi około 83 mEq/kg. Zupełnie inaczej należy oceniać wodorowęglan sodu (NaHCO_3), który jest klasycznym składnikiem silnie buforującym; w dostępnych zestawieniach praktycznych jego wartość ABC-4 podawano na poziomie około 14 000 mEq/kg. Odmienne należy oceniać także siarczan sodu (ABC-4 = 0 mEq H/kg) oraz sodowe sole kwasów organicznych, takie jak mrówczan sodu, ponieważ o ich działaniu decyduje nie tylko sam sól, ale również anion towarzyszący. Oznacza to, że związki sodu mogą wywierać skrajnie odmienny wpływ na zakwaszanie treści pokarmowej, mimo że wszystkie dostarczają ten sam pierwiastek.

W recepturach mieszanek paszowych często nie docenia się wpływu mikroelementów i premiksów na końcową zdolność wiązania kwasów (ABC), ponieważ ich udział w mieszance jest niewielki - premiksy, ale czasami duży (MPU-tzw. „premiksy farmerskie”). Tymczasem literatura wskazuje, że właśnie ta grupa dodatków może mieć bardzo wysokie wartości ABC-4 i jednocześnie dużą zmienność, co sprawia, że potrafi zwiększyć ABC całej mieszanki paszowej bardziej, niż wynikałoby to z samego udziału w recepturze.

Drugim dużym blokiem czynników wpływających na ABC mieszanki paszowej jest białko – zarówno jego ilość, jak i rodzaj/jakość. Surowce białkowe (mączki, koncentraty, białka roślinne) w większości zestawień mają wyższą pojemność buforową niż zboża, choć niższą niż część pasz mineralnych. Wpływ białka na ABC jest jednak złożony. Po pierwsze, same związki białkowe mają zdolność buforowania w zakresie fizjologicznych pH, a więc im większy udział frakcji białkowej, tym większa zdolność wiązania kwasów. Po drugie, część komponentów białkowych wnosi istotną ilość składników mineralnych (popiół surowy, wapń), co dodatkowo podnosi wskaźnik ABC. W badaniach obserwowano, że

wzrost udziału poekstrakcyjnej śruty sojowej może zwiększać ABC-4 mieszanek paszowych, a różne technologie przygotowania białka (np. wysoka temperatura, enzymy, fermentacja) mogą zmieniać wartości ABC i zachowanie mieszanki paszowej w żołądku. Z żywieniowego punktu widzenia praktycznym kierunkiem jest więc strategia obniżania poziomu białka ogólnego przy zachowaniu właściwego profilu aminokwasów strawnych (SID) oraz dobór białek o wysokiej strawności i niższej wartości ABC, co jednocześnie wspiera ograniczanie fermentacji w jelitach.

Jeśli uporządkujemy surowce białkowe według pochodzenia, to w grupie surowców roślinnych jako punkt odniesienia najczęściej znajduje się poekstrakcyjna śruta sojowa (PŚS). W zestawieniach surowców wartości ABC-4 dla tej paszy wynoszą około 613 mEq/kg (średnio) (KSU, 2024). W praktyce oznacza to, że wzrost udziału PŚS w recepturze – przy niezmienionym układzie mineralnym – powoduje tendencję do podnoszenia ABC-4 całej mieszanki paszowej. Inne typowe pasze wysokobiałkowe pochodzenia roślinnego zwykle charakteryzują się nieco mniejszymi wartościami, m.in. poekstrakcyjna rzepakowa ok. 498 mEq/kg, słonecznikowa ok. 482 mEq/kg, pełnotłusta soja ok. 480 mEq/kg, łubiny ok. 337 mEq/kg oraz gluten kukurydziany ok. 114 mEq/kg, co pokazuje, że „surowce roślinne” nie zawsze charakteryzuje „wysokie ABC”, a o wyniku w dużym stopniu decyduje skład mineralny i charakter frakcji białkowych. Niskie wartości ABC są również charakterystyczne dla drożdży (150 mEq/kg) i białka bakteryjnego (196 mEq/kg) (badania własne).

Największy rozrzut wartości występuje jednak w obrębie specjalistycznych produktów sojowych, gdzie technologia może zmienić ABC-4 o setki mEq/kg. W zestawieniu Kansas State University typowa PŚS charakteryzowała się wartością ABC-4 na poziomie ok. 615 mEq/kg, natomiast niektóre produkty sojowe przetwarzane odznaczały się większymi wartościami (np. Soytime: ok. 853 mEq/kg), a równolegle pojawiały się produkty o bardzo małej wartości ABC-4 (np. MEPro: ok. 87 mEq/kg-fermentowana śruta sojowa). W grupie pasz pochodzenia zwierzęcego wpływ na ABC-4 bywa jeszcze mniej korzystny, ponieważ surowce te często charakteryzują się większą zawartością składników mineralnych (popiół surowy) i wnoszą więcej kationów. Mączka rybna może mieć bardzo wysokie ABC-4 i jednocześnie dużą zmienność między partiami (w zestawieniu KSU średnio ok. 1189 mEq/kg z dużym odchyleniem).

Obniżanie poziomu białka ogólnego w mieszankach paszowych bardzo często oznacza większe stosowanie aminokwasów czystych (krystalicznych), co pozwalają obniżyć białko ogólne bez pogorszenia pokrycia potrzeb na aminokwasy strawne (SID). Z punktu widzenia ABC-4 jest to zwykle korzystne, ponieważ redukcja udziału surowców białkowych (np. poekstrakcyjna śruta sojowa) ogranicza frakcję wiążącą kwasy i jednocześnie zmniejsza dopływ składników mineralnych (popiołu surowego i kationów) z komponentów białkowych, co ułatwia utrzymanie niższej wartości ABC-4 całej mieszanki paszowej. Dodatkową korzyścią żywieniową obniżania zawartości białka

ogólnego w mieszankach paszowych przy wsparciu aminokwasami krystalicznymi jest mniejsza ilość niestrawionego białka trafiającego do dalszych odcinków przewodu pokarmowego, a więc potencjalnie mniejsza fermentacja i niższe ryzyko zaburzeń jelitowych. Z praktycznego punktu widzenia interesujące jest, że niektóre dodatki aminokwasowe mogą wpływać nie tylko na wartość pokarmową mieszanki paszowej, ale również na jej zdolność wiązania kwasów (ABC). Przykładem jest hydroksyanalog metioniny (Met-Ha), któremu przypisuje się efekt zakwaszający. W materiałach praktycznych podawano, że wartość ABC-4 preparatu Rhodimet AT88 wynosi około -5 000 mEq/kg, podczas gdy dla kwasu mrówkowego około -17 000 mEq/kg. Oznacza to, że Met-Ha może częściowo wspierać strategię obniżania ABC mieszanki paszowej i ograniczać zapotrzebowanie na klasyczne zakwaszacze.

Sumarycznie, odpowiednie użycie aminokwasów krystalicznych jest jednym z najskuteczniejszych narzędzi, by jednocześnie (1) utrzymać wysoką strawność i precyzję żywienia, (2) ograniczyć poziom białka ogólnego i skutki fermentacji, oraz (3) ułatwić obniżenie ABC-4 mieszanek paszowych bez nadmiernego użycia zakwaszaczy.

Zboża stanowią surowiec energetyczną mieszanek paszowych i – w porównaniu z paszami wysokobiałkowymi oraz paszami mineralnymi – są zwykle grupą o relatywnie małej zdolności wiązania kwasów (ABC-4), dlatego ich udział ma korzystny wpływ na ABC-4. W praktycznych zestawieniach pasz średnie wartości ABC-4 dla zbóż mieszczą się najczęściej w przedziale kilkudziesięciu do ok. 120 mEq/kg, czyli wyraźnie mniej niż typowe surowce wysokobiałkowe (np. PŚS ~600+) i zdecydowanie mniej niż kreda czy część fosforanów.

Istotne znaczenie w strategii utrzymania niskiej zdolności wiązania kwasów (ABC-4) ma stosowanie kwasów organicznych. Zakwaszacze w żywieniu stosuje się przede wszystkim po to, aby ułatwić obniżenie pH treści żołądka, poprawić warunki dla aktywacji pepsyny i trawienia białka oraz ograniczyć namnażanie bakterii. W kontekście pojemności buforowej/zdolności wiązania kwasów kluczowe jest jednak zrozumienie, że „zakwaszacz” nie zawsze oznacza niskie ABC. Wynika to z samej metody oznaczania: ABC wyznacza się miareczkowaniem (najczęściej 0,1 N HCl) do zadanego pH końcowego (np. pH 4 lub pH 3) i wyraża jako ilość kwasu (mEq HCl/kg) potrzebną do osiągnięcia tego pH. Jeżeli próbka jest już „z natury” kwaśna i jej pH początkowe leży poniżej pH docelowego, wówczas do podniesienia pH do 4 lub 3 stosuje się miareczkowanie NaOH, a wynik ABC zapisuje się ze znakiem ujemnym. Z tego powodu wolne kwasy organiczne i nieorganiczne bardzo często mają ABC ujemne, czyli „wnoszą kwasowość” i obniżają zdolność wiązania kwasów mieszanki paszowej, co sprzyja zakwaszaniu treści żołądkowej. Inaczej może być w przypadku soli kwasów oraz mieszanin handlowych: sól kwasu wnosi jednocześnie kation (np. Ca^{2+} , Na^+ , K^+), który w ujęciu ABC działa alkalizująco/buforująco, a dodatkowo produkty rynkowe często zawierają nośniki lub antyzbrylacze (czasem mineralne), które potrafią podnieść ABC i zniwelować część efektu zakwaszającego.

Dlatego zakwaszacz może działać korzystnie biologicznie (antybakteryjnie), technologicznie czy organoleptycznie, ale jego realny wpływ na ABC mieszanki trzeba oceniać na podstawie matrycy ABC surowców albo wprost w analizie laboratoryjnej. W podejściu praktycznym ABC mieszanki można w przybliżeniu policzyć addytywnie jako sumę wkładów poszczególnych składników (udział składnika $\times$ ABC składnika), co w badaniach pokazywano jako sensowną metodę przewidywania ABC mieszanek paszowych na podstawie danych dla surowców.

Zdolność wiązania kwasów (ABC) i pojemność buforowa są praktycznymi wskaźnikami przydatnymi w formulacji mieszanek paszowych dla drobiu, ponieważ pomagają ocenić, jak łatwo treść pokarmowa będzie ulegała zakwaszeniu. Największe znaczenie ma to w starterach dla kurcząt brojlerów oraz w żywieniu kur niosek, gdzie wysoki udział kredy pastewnej wyraźnie zwiększa buforowość dawki. W praktyce wartość ABC najsilniej kształtują składniki mineralne, przede wszystkim wapń i fosfor, a następnie pasze wysokobiałkowe, źródła sodu, premiksy i zakwaszacze. Dlatego skuteczna kontrola ABC powinna zaczynać się od doboru frakcji mineralnej, precyzyjnego bilansowania relacji Ca:P oraz wykorzystania fitazy, a dopiero w kolejnym kroku obejmować dobór zakwaszaczy i dodatków wspomagających. Z praktycznego punktu widzenia oznacza to, że obniżanie ABC nie jest efektem pojedynczej korekty receptury, lecz wynikiem świadomego układania całej mieszanki paszowej.