Zarządzanie zdrowiem jelit – kluczowe wyzwanie w produkcji brojlerów ABF

*Przez **Dr. Ajay Bhoyar**, globalny kierownik techniczny ds. drobiu, EW Nutrition*

Zdrowie jelit jest krytycznym wyzwaniem w produkcji bez antybiotyków (ABF), ponieważ odgrywa istotną rolę w ogólnym zdrowiu i dobrostanie zwierząt. Antybiotyki są od dawna stosowane jako środek zapobiegania i leczenia chorób u zwierząt, ale ich nadużywanie doprowadziło do rozwoju bakterii opornych na antybiotyki. W rezultacie wielu rolników i producentów przechodzi na metody produkcji wolne od antybiotyków. Ta zmiana stanowi poważne wyzwanie, ponieważ utrzymanie zdrowia jelit bez antybiotyków może być trudne. Nie jest to jednak niemożliwe.

Jednym z głównych wyzwań w produkcji bez antybiotyków jest zapobieganie infekcjom bakteryjnym w jelitach. Mikrobiom jelitowy odgrywa kluczową rolę w układzie odpornościowym i ogólnym zdrowiu zwierząt. Kiedy równowaga drobnoustrojów w jelitach zostaje zakłócona (dysbioza), może to prowadzić do słabego wchłaniania składników odżywczych, co następnie powoduje zmniejszenie wydajności żywych ptaków, w tym wydajności paszy i przyrostu masy ciała u brojlerów. W przypadku braku antybiotyków rolnicy i producenci muszą polegać na innych metodach, aby utrzymać zdrowy mikrobiom jelitowy.

Redukcja antybiotyków – główny globalny trend

W ostatnich latach producenci drobiu mają tendencję do ograniczania stosowania antybiotyków w celu promowania zdrowia publicznego i poprawy zrównoważonego charakteru swojej działalności. Wynika to z obaw związanych z rozwojem bakterii opornych na antybiotyki i potencjalnym wpływem na zdrowie ludzi, a także z popytu konsumentów na mięso produkowane bez antybiotyków. Wiele krajów ma obecnie przepisy ograniczające stosowanie antybiotyków w produkcji żywności i zwierząt.

Wyzwania dla produkcji drobiu wolnego od antybiotyków (ABF)

1. **Kontrola choroby**. Produkcja drobiu wolnego od antybiotyków wymaga od rolników polegania na alternatywnych metodach zwalczania i zapobiegania chorobom, takich jak zintensyfikowane praktyki bezpieczeństwa biologicznego. Może to być bardziej pracochłonne i kosztowne.
2. **Wyższa śmiertelność.** Bez antybiotyków hodowcy drobiu mogą doświadczyć wyższej śmiertelności z powodu wzrostu zakażeń i innych problemów zdrowotnych. Może to prowadzić do strat finansowych dla rolnika i zmniejszenia podaży produktów drobiowych dla konsumentów.
3. **Wyzwania żywieniowe.** Antybiotykowe promotory wzrostu (AGP) są często stosowane w paszach w celu pobudzenia wzrostu i zapobiegania chorobom jelit u drobiu. Bez AGP producenci drobiu mogą znaleźć alternatywne sposoby zapewnienia oczekiwanej wydajności produkcji.
4. **Zwiększone koszty.** Produkcja drobiu bez antybiotyków może być droższa niż konwencjonalne metody produkcji, ponieważ rolnicy muszą inwestować w dodatkowe obiekty, sprzęt, siłę roboczą itp.

Stopniowe wycofywanie AGP prawdopodobnie doprowadzi do zmian w profilu mikrobiologicznym przewodu

pokarmowego. Mamy nadzieję, że strategie takie jak programy zapobiegania chorobom zakaźnym i stosowanie alternatyw nieantybiotykowych zminimalizują możliwe negatywne konsekwencje usuwania antybiotyków dla stad drobiu (Yegani i Korver, 2008).

Zdrowie jelit jest kluczem do ogólnego stanu zdrowia

Zdrowy układ żołądkowo-jelitowy jest ważny dla osiągnięcia maksymalnego potencjału produkcyjnego drobiu. Zdrowie jelit u drobiu odnosi się do ogólnego samopoczucia i funkcjonowania przewodu pokarmowego u ptaków. Obejmuje to równowagę pożytecznych bakterii, integralność wyściółki jelita oraz zdolność do trawienia i wchłaniania składników odżywczych. Zdrowie jelit jest ważne dla utrzymania ogólnego stanu zdrowia i dobrego samopoczucia ptaków. Zdrowe jelita pomagają poprawić wydajność paszy, wchłanianie składników odżywczych i ogólną odporność ptaków.

Jelito jest gospodarzem dla ponad 640 różnych gatunków bakterii i 20+ różnych hormonów. Trawi i wchłania zdecydowaną większość składników odżywczych i stanowi prawie jedną czwartą wydatku energetycznego organizmu. Jest to również największy narząd odpornościowy w organizmie (Kraehenbuhl i Neutra, 1992). W związku z tym "zdrowie jelit" jest bardzo złożone i obejmuje makro- i mikrostrukturalną integralność jelit, równowagę mikroflory i stan układu odpornościowego (Chot, 2009).

Odporność drobiu jest pośredniczona przez jelito

Jelito jest kluczowym elementem układu odpornościowego, ponieważ jest pierwszą linią obrony przed patogenami, które dostają się do organizmu przez układ trawienny. Kurczaki mają wyspecjalizowany układ odpornościowy w jelitach, znany jako tkanka limfatyczna związana z jelitami (GALT), która pomaga zidentyfikować i reagować na potencjalne patogeny. GALT zawiera kępki Peyera, które są skupiskami komórek odpornościowych zlokalizowanych w ścianie jelita, a także limfocyty związane z jelitami (GAL), które znajdują się w całym jelicie. Te komórki odpornościowe są odpowiedzialne za rozpoznawanie i reagowanie na patogeny, które dostają się do jelit.

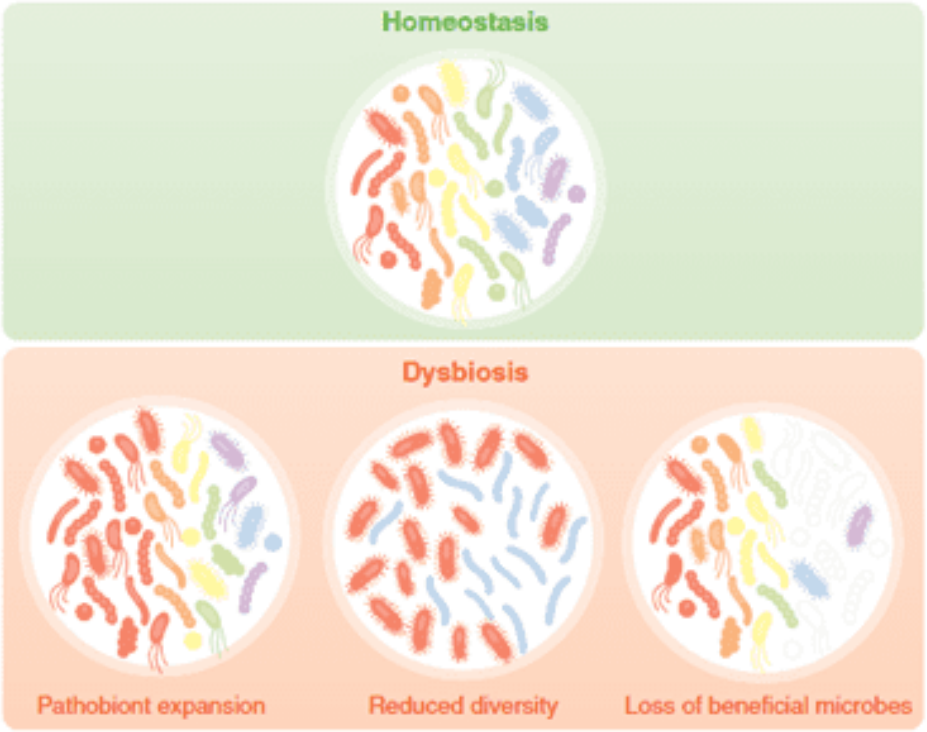
Odpowiedź immunologiczna za pośrednictwem jelit u kurcząt obejmuje kilka różnych mechanizmów, w tym aktywację komórek odpornościowych, wytwarzanie przeciwciał i uwalnianie mediatorów stanu zapalnego. GALT i GAL odgrywają kluczową rolę w tej odpowiedzi, identyfikując patogeny i reagując na nie, a także aktywując inne komórki odpornościowe, aby pomóc w walce z infekcją.

Mikrobiom jelitowy odgrywa również kluczową rolę w odporności jelitowej u kurcząt. Mikrobiom jelitowy składa się z bardzo zróżnicowanej grupy mikroorganizmów, a mikroorganizmy te mogą mieć znaczący wpływ na odpowiedź immunologiczną. Na przykład niektóre pożyteczne bakterie mogą pomóc stymulować odpowiedź immunologiczną i chronić jelita przed patogenami.

Ogólnie rzecz biorąc, mikrobiom jelitowy, GALT i GAL współpracują ze sobą, aby stworzyć środowisko wrogie patogenom, jednocześnie wspierając wzrost i zdrowie saprofitycznych mikroorganizmów.

Dysbioza/dysbakterioza wpływa na wydajność

Dysbioza to brak równowagi w mikroflorze jelitowej z powodu zaburzeń jelitowych. Dysbakterioza może prowadzić do problemów z mokrą ściółką i zbrylaniem. Długotrwały kontakt z zawilgoconą ściółką może prowadzić do FPD pododermatitis (zapalenie podeszwy stopy u drobiu) i odparzeń stawu skokowego, przechodzących w owrzodzenia powodując problemy z dobrostanem, a także degradację tuszy (Bailey, 2010). Oprócz tych kwestii, główny wpływ ekonomiczny wynika ze zmniejszonych przyrostów masy ciała, FCR i zwiększonych kosztów leczenia weterynaryjnego. Zakażenie kokcydiozą i innymi chorobami jelit może ulec pogorszeniu, gdy dominuje dysbioza. Ogólnie rzecz biorąc, zwierzęta z dysbiozą mają obecność *Clostridium* które generują więcej toksyn, co prowadzi do nekrotycznego zapalenia jelit.



Ryc. 1: Dysbioza – wynik kwestionowania mikrobiomu zwierzęcia. Źródło: Charisse Petersen i June L. Round. 2014

Uważa się, że zarówno czynniki niezakaźne, jak i zakaźne mogą odgrywać rolę w dysbakteriozie (DeGussem, 2007). Wszelkie zmiany w paszy i surowcach paszowych, a także jakość paszy, wpływają na równowagę mikroflory jelitowej. Istnieją pewne okresy newralgiczne podczas produkcji drobiu, kiedy ptak będzie narażony na immunosupresję, na przykład podczas zmiany paszy, szczepień, czynniki fermowe, transportu itp. W tych okresach mikroflora jelitowa może się zmieniać, a w niektórych przypadkach, jeśli zarządzanie jest nieoptymalne, może wystąpić dysbakterioza.

Czynniki zakaźne, które potencjalnie odgrywają rolę w dysbakteriozie, obejmują mikotoksyny, Eimeria spp., Clostridium perfringens i inne bakterie wytwarzające toksyczne metabolity .

Czynniki wpływające na zdrowie jelit

The factors affecting broiler gut health can be summarized as follows:

1. **Jakość paszy i wody**: struktra, rodzaj i jakość paszy dostarczanej brojlerom może znacząco wpłynąć na ich zdrowie jelit. Stała dostępność chłodnej i higienicznej/czystej wody pitnej ma kluczowe znaczenie dla optymalnej wydajności produkcji.
2. **Stres**: Stresujące warunki, takie jak wysokie temperatury otoczenia lub słaba wentylacja, mogą prowadzić do braku równowagi w mikrobiomie jelitowym i zwiększonego ryzyka choroby.
3. **Narażenie mikrobiologiczne**: Narażenie na patogeny lub inne szkodliwe bakterie może zakłócić mikrobiom jelitowy i prowadzić do problemów zdrowotnych jelit.
4. **Układ odpornościowy**: Silny układ odpornościowy jest ważny dla utrzymania zdrowia jelit, ponieważ pomaga zapobiegać przerostowi szkodliwych bakterii i promować wzrost pożytecznych bakterii.
5. **Warunki sanitarne**: Utrzymanie środowiska brojlerów w czystości i bez patogenów ma kluczowe znaczenie dla utrzymania zdrowia jelit, ponieważ bakterie i inne patogeny mogą łatwo rozprzestrzeniać się i zakłócać mikrobiom jelitowy.
6. **Praktyki zarządzania**: Właściwe praktyki zarządzania, takie jak prawidłowe karmienie i pojenie oraz zarządzanie ściółką, mogą pomóc w utrzymaniu zdrowia jelit i zapobieganiu problemom związanym z jelitami.

Ryc. 2. Kluczowe czynniki wpływające na zdrowie jelit brojlerów

Kluczowe podejścia do zarządzania zdrowiem jelit bez antybiotyków

Dwa kluczowe podejścia do zarządzania zdrowiem jelit u drobiu bez użycia antybiotyków są niezwykle skuteczne.

Właściwe praktyki żywieniowe i zarządzania

Zapewnienie ptakom dostępu do czystej wody, wysokiej jakości paszy i bezstresowego środowiska ma kluczowe znaczenie dla produkcji drobiu ABF. Zrównoważona dieta pod względem białka, energii oraz niezbędnych witamin i minerałów jest niezbędna do utrzymania zdrowia jelit.

Środowisko, w którym trzymały się ptaki, odgrywa ważną rolę w utrzymaniu zdrowia jelit. Odpowiednie warunki sanitarne i wentylacja, a także odpowiednia temperatura i wilgotność mają kluczowe znaczenie dla zapobiegania rozprzestrzenianiu się chorób i infekcji. Nie ma alternatywy dla ścisłego wdrożenia rygorystycznych środków bezpieczeństwa biologicznego w celu zapobiegania rozprzestrzenianiu się chorób.

Wczesne wykrywanie i leczenie chorób może pomóc w zapobieganiu ich poważniejszym problemom wpływającym na opłacalność produkcji ABF. Ważne jest, aby uważnie obserwować ptaki pod kątem objawów choroby, takich jak biegunka, wahania w zużycie wody i paszy.

Prozdrowotne dodatki paszowe do jelit

Innym podejściem do utrzymania zdrowia jelit w produkcji drobiu bez antybiotyków jest stosowanie dodatków paszowych wspomagających zdrowie jelit. W produkcji zwierzęcej stosuje się różnorodne dodatki paszowe wspomagające zdrowie jelit, w tym fitochemikalia / olejki eteryczne, kwasy organiczne, probiotyki, prebiotyki, enzymy egzogenne itp. w połączeniu lub samodzielnie. W szczególności fitogeniczne dodatki paszowe (PFA) zyskały zainteresowanie jako opłacalne dodatki paszowe o już dobrze ugruntowanym wpływie na poprawę zdrowia jelit kurcząt brojlerów.

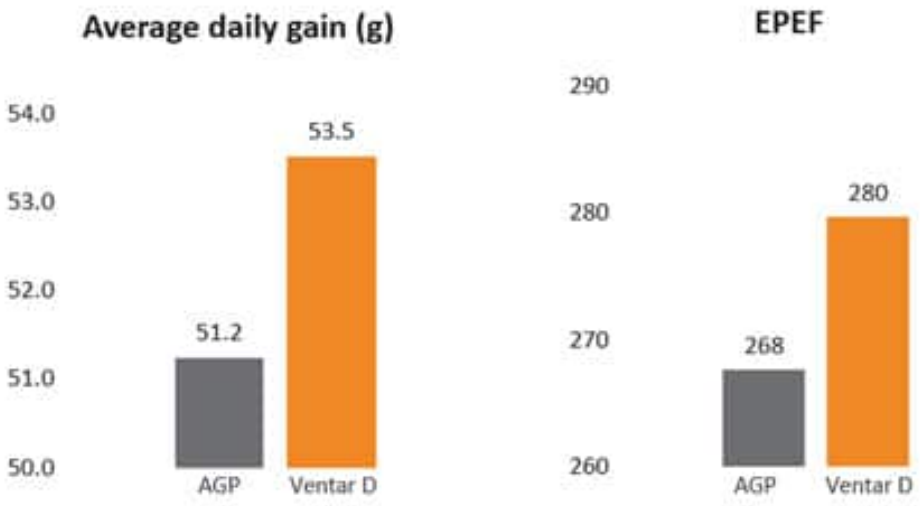
Wtórne metabolity roślinne i olejki eteryczne (ogólnie nazywane fitogenikami, fitochemikaliami lub fitomolekułami) są biologicznie aktywnymi związkami, które ostatnio wzbudziły zainteresowanie jako dodatki paszowe w produkcji drobiu, ze względu na ich zdolność do poprawy wydajności paszy poprzez zwiększenie produkcji soków trawiennych i wchłaniania składników odżywczych. Pomaga to zmniejszyć

obciążenie patogenne w jelitach, wywierać właściwości przeciwutleniające i zmniejszać obciążenie mikrobiologiczne na status immunologiczny zwierzęcia (Abdelli i wsp. 2021).

Ekstrakty roślinne – olejki eteryczne (EO) / fitomolekuły

Fitochemikalia są naturalnie występującymi związkami w roślinach. Stwierdzono, że wiele fitomolekuł ma właściwości przeciwdrobnoustrojowe, co oznacza, że mogą hamować wzrost lub zabijać mikroorganizmy, takie jak bakterie, wirusy i grzyby. Przykłady fitomolekuł o właściwościach przeciwdrobnoustrojowych obejmują związki występujące w czosnku, tymianku i olejku z drzewa herbacianego. Olejki eteryczne (EO) to surowe ekstrakty roślinne (kwiaty, liście, korzenie, owoce itp.), podczas gdy fitomolekuły są aktywnymi składnikami olejków eterycznych lub innych materiałów roślinnych. Fitocząsteczka jest wyraźnie zdefiniowana jako jeden związek aktywny. Olejki eteryczne (EO) są ważnymi składnikami aromatycznymi ziół i przypraw i są stosowane jako naturalna alternatywa dla zastępowania antybiotykowych stymulatorów wzrostu (AGP) w paszach dla drobiu. Korzystne działanie EO obejmuje stymulację apetytu, poprawę wydzielania enzymów związanych z trawieniem pokarmu i aktywację odpowiedzi immunologicznej (Krishan i Narang, 2014).

Szeroka gama ziół i przypraw (między innymi tymianek, oregano, cynamon, rozmaryn, majeranek, krwawnik pospolity, imbir, zielona herbata, czarny kminek i kolendra), a także EO (z tymolu, karwakrolu, aldehydu cynamonowego, czosnku, anyżu, rozmarynu, cytrusów, goździków, imbiru) były stosowane u drobiu, pojedynczo lub mieszanie, ze względu na ich potencjalne zastosowanie jako alternatywy AGP (Gadde i in., 2017).



Rys. 3: Dodatek paszowy na bazie fitomolekuł przewyższa AGP dzięki poprawie wydajności brojlerów (42-dniowe badanie terenowe)

Jeden z podstawowych sposobów działania EO jest związany z ich działaniem przeciwdrobnoustrojowym, które pozwala kontrolować potencjalne patogeny (Mohammadi i Kim, 2018).

Mieszanka fitomolekuł	***Clostridium perfringens***	***Enterococcus caecorum***	***Enterococcus hirae***	***Escherichia coli***	***Salmonella typhimurium***	***Staphylococcus aureus***
Ventar D	1250	2500	5000	2500	5000	2500

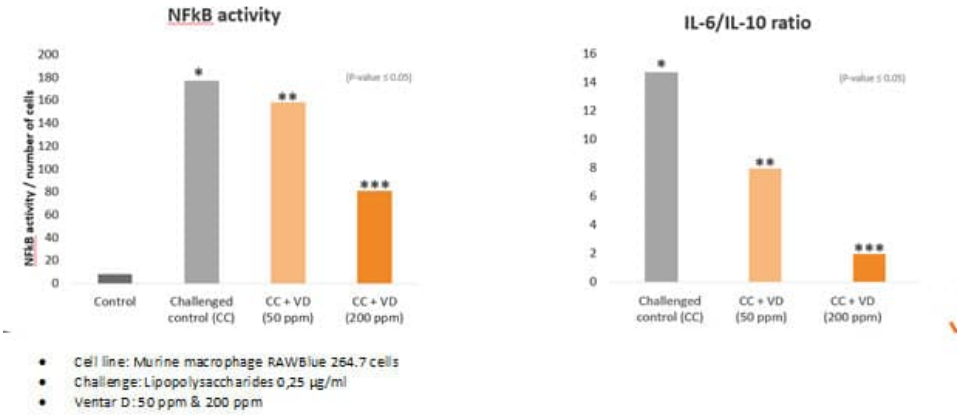
Rys. 4: Skuteczność dodatku paszowego na bazie fitomolekuł (Ventar D) przeciwko bakteriom enteropatogennym (wartość MIC w PPM)

Wykazano, że fitomolekuły mają właściwości przeciwzapalne. Związki te obejmują między innymi flawonoidy, polifenole, karotenoidy i terpeny. Jednym ze sposobów, w jaki fitomolekuły wykazują działanie przeciwzapalne, jest ich zdolność do hamowania aktywności enzymów i cząsteczek prozapalnych. Na przykład wykazano, że polifenole hamują aktywność czynnika jądrowego kappa B (NF-kB), czynnika transkrypcyjnego, który odgrywa kluczową rolę w regulacji stanu zapalnego.

Fitomolekuły mają również właściwości przeciwutleniające, które mogą pomóc chronić komórki przed

uszkodzeniami spowodowanymi przez reaktywne formy tlenu (ROS) i inne reaktywne cząsteczki, które mogą przyczyniać się do stanu zapalnego. Ekstrakty roślinne są również proponowane do stosowania jako przeciwutleniacze w paszach dla zwierząt, chroniąc zwierzęta przed uszkodzeniami oksydacyjnymi spowodowanymi przez wolne rodniki. Obecność fenolowych grup OH w tymolu, karwakrolu i innych ekstraktach roślinnych działa jako donory wodoru dla nadtlenowych rodników wytwarzanych podczas pierwszego etapu utleniania lipidów, opóźniając w ten sposób tworzenie nadtlenku hydroksylowego (Farag i in., 1989, Djeridane i in., 2006). Tymol i karwakrol hamują peroksydację lipidów (Hashemipour et.al. 2013) i mają silne działanie antyoksydacyjne (Yanishlieva i in., 1999).

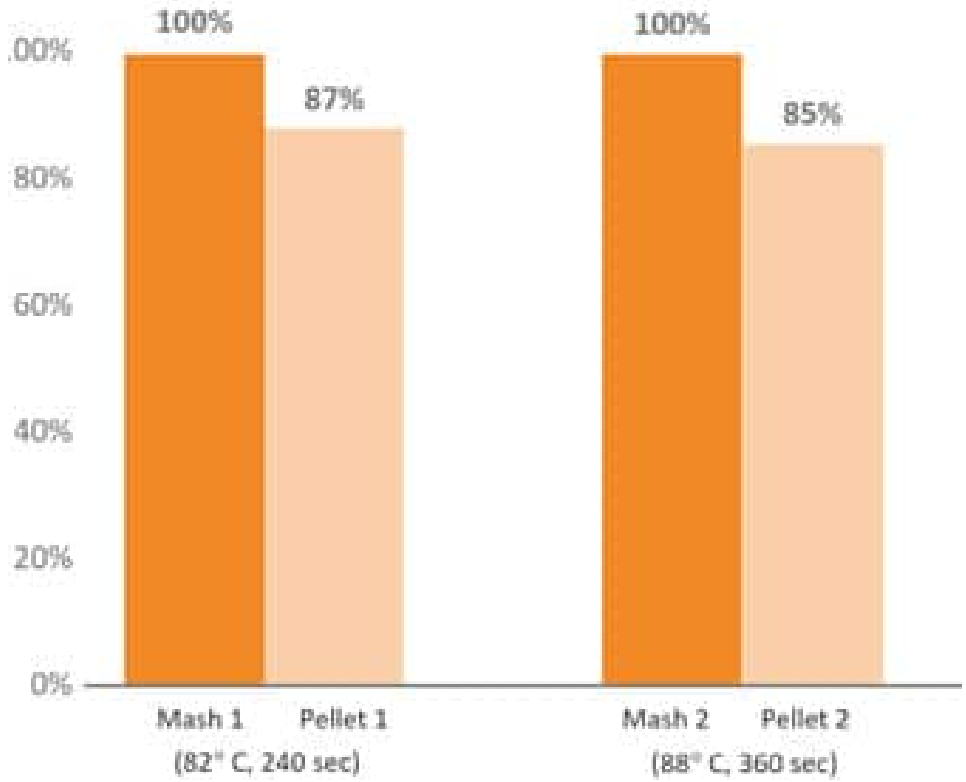
Ogólnie rzecz biorąc, uważa się, że przeciwzapalne działanie fitomolekuł wynika z połączenia ich zdolności do hamowania aktywności enzymów i cząsteczek prozapalnych, ich właściwości przeciwutleniających i zdolności do modulowania układu odpornościowego. Ekstrakty roślinne (tj. karwakrol, aldehyd cynamonowy, eugenol itp.) hamują wytwarzanie prozapalnych cytokin i chemokin z stymulowanych endotoksynami komórek odpornościowych i komórek nabłonkowych (Lang i in., 2004, Lee i wsp., 2005, Liu i wsp., 2020). Wykazano, że w działaniu przeciwzapalnym może częściowo pośredniczyć blokowanie szlaku aktywacji NF-kB (Lee i in., 2005).



Rys. 5: Przeciwzapalne działanie dodatku paszowego na bazie fitomolekuł (Ventar D) – zmniejszona aktywność cytokin zapalnych

Właściwa ochrona EO/fitomolekuł jest kluczem do optymalnych wyników

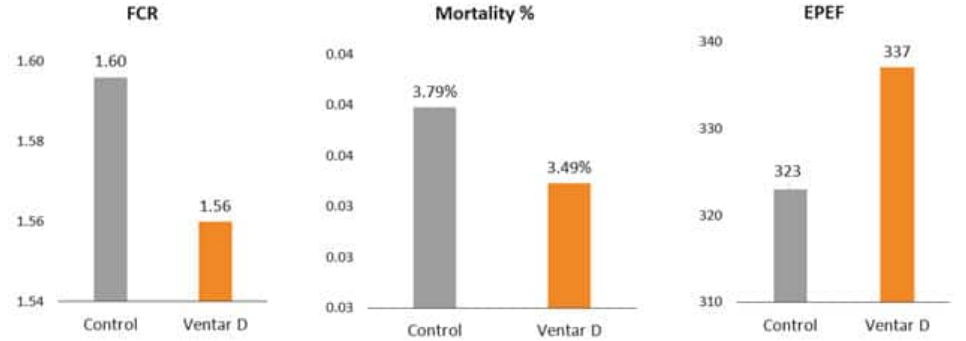
Wykazano również, że kilka związków fitogenicznych jest w dużej mierze wchłanianych w górnym GIT, co oznacza, że bez odpowiedniej ochrony większość z nich nie dotarłaby do dolnego jelita, gdzie wykonywałaby swoje główne funkcje (Abdelli i wsp. 2021). Korzyści z uzupełnienia diety brojlerów mieszanką kapsułkowanych EO były wyższe niż testowane PFA w postaci sproszkowanej, niechronionej (Hafeez i wsp. 2016). Opracowano nowe technologie dostarczania w celu ochrony PFA przed procesem degradacji i utleniania podczas przetwarzania i przechowywania paszy, ułatwienia obsługi, umożliwienia wolniejszego uwalniania i ukierunkowania na niższy GIT (Starčević i in. 2014). Szczególne techniki ochrony stosowane podczas komercyjnej produkcji mieszanki tlenku etylenu i fitomolekuł mają kluczowe znaczenie dla osiągnięcia wszystkich celów z niezwykłą spójnością.



Rys. 6: Stabilność pellingu dodatku paszowego na bazie fitomolekuł (Ventar D) w wysokiej temperaturze i dłuższym czasie kondycjonowania

Mieszanka fitomolekuł optymalizuje wydajność produkcji

Usunięcie antybiotyków z produkcji drobiu może stanowić wyzwanie dla kontrolowania śmiertelności i utrzymania wydajności produkcyjnej ptaków. Wykazano, że fitogeniczne dodatki paszowe poprawiają wydajność produkcji kurczaków ze względu na ich właściwości przeciwdrobnoustrojowe, przeciwzapalne, przeciwutleniające i trawienne. Możliwe mechanizmy poprawy strawności składników odżywczych dzięki suplementacji fitogenicznymi dodatkami paszowymi (PFA) można przypisać zdolności tych dodatków paszowych do stymulowania apetytu, wydzielania śliny, produkcji śluzu jelitowego, wydzielania kwasów żółciowych i aktywności enzymów trawiennych, takich jak trypsyna i amylaza, a także pozytywnego wpływu na morfologię jelit (Oso i wsp. 2019). EO są postrzegane jako stymulatory wzrostu w diecie drobiu o silnym działaniu przeciwbakteryjnym i przeciwkokcydiowym. wykazały, że PFA mają pozytywny wpływ na przyrost masy ciała i FCR u kurcząt (Khattak i wsp. 2014, Zhang i wsp. 2009). EO są postrzegane jako stymulatory wzrostu w diecie drobiu, o silnym działaniu przeciwdrobnoustrojowym i przeciwkokcydiowym (Zahi i in., 2018). PFA mają pozytywny wpływ na przyrost masy ciała i FCR u kurcząt (Khattak i wsp. 2014, Zhang i in. 2009).



Rys. 7: Dodatek paszowy na bazie fitomolekuł poprawił FCR brojlerów i śmiertelność w próbie polowej

Konkluzja

Podsumowując, zarządzanie zdrowiem jelit jest poważnym wyzwaniem w produkcji brojlerów ABF, które należy rozwiązać, aby osiągnąć optymalną wydajność i dobrostan ptaków. Stosowanie antybiotyków jako środka zapobiegawczego w produkcji brojlerów jest szeroko stosowane, ale wraz z rosnącym zapotrzebowaniem na produkty wolne od antybiotyków należy wdrożyć alternatywne metody utrzymania zdrowia jelit. Obejmują one stosowanie dodatków paszowych wspomagających zdrowie jelit oraz właściwe praktyki zarządzania, takie jak wdrażanie środków bezpieczeństwa biologicznego, utrzymywanie optymalnych warunków środowiskowych, zapewnianie odpowiedniego metrażu i wentylacji oraz zmniejszanie stresu. Należy jednak pamiętać, że nie ma jednego uniwersalnego rozwiązania do zarządzania zdrowiem jelit w produkcji brojlerów ABF. Ważne jest, aby stale monitorować i oceniać zdrowie jelit stada i w razie potrzeby wprowadzać zmiany. Ponadto należy zachęcać do badań i rozwoju w tej dziedzinie w celu zidentyfikowania nowych i innowacyjnych sposobów utrzymania zdrowia jelit w produkcji brojlerów ABF.

Ogólnie rzecz biorąc, zarządzanie zdrowiem jelit jest krytycznym wyzwaniem, które wymaga wieloaspektowego podejścia oraz ciągłego monitorowania i zarządzania. Wdrażając odpowiednie strategie i wykorzystując nowe technologie, podmioty prowadzące drób mogą zapewnić zdrowie i dobrostan swoich stad, jednocześnie zaspokajając rosnące zapotrzebowanie na produkty wolne od antybiotyków w sposób zrównoważony.

References:

Abdelli N, Solà-Oriol D, Pérez JF. Phytogenic Feed Additives in Poultry: Achievements, Prospective and Challenges. Animals (Basel). 2021 Dec 6;11(12):3471.

Bailey R. A. 2010. Intestinal microbiota and the pathogenesis of dysbacteriosis in broiler chickens. PhD thesis submitted to the University of East Anglia. Institute of Food Research, United Kingdom

Choct M. Managing gut health through nutrition. British Poultry Science Volume 50, Number 1 (January 2009), pp. 9—15.

De Gussem M, “Coccidiosis in Poultry: Review on Diagnosis, Control, Prevention and Interaction with Overall Gut Health,” Proceedings of the 16th European Symposium on Poultry Nutrition, Strasbourg, 26-30 August, 2007, pp. 253-261.H.J. Dorman, S.G. Deans. Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. J Appl Microbiol, 88 (2000), pp. 308-316

Djeridane A., M. Yousfi M, Nadjemi B, Boutassouna D., Stocker P., Vidal N. Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. Food Chem, 97 (2006), pp. 654-660

Farag R. S., Daw Z.Y., Hewedi F.M., El-Baroty G.S.A. Antimicrobial activity of some Egyptian spice essential oils. J Food Prot, 52 (1989), pp. 665-667

Gadde U., Kim W.H., Oh S.T., Lillehoj H.S. Alternatives to antibiotics for maximizing growth performance and feed efficiency in poultry: A review. Anim. Health Res. Rev. 2017;18:26–45.

Guo, F.C., Kwakkel, R.P., Williams, B.A., Li, W.K., Li, H.S., Luo, J.Y., Li, X.P., Wei, Y.X., Yan, Z.T. and Verstegen, M.W.A., 2004. Effects of mushroom and herb polysaccharides, as alternatives for an antibiotic, on growth performance of broilers. *British Poultry Science*, *45*(5), pp.684-694.

Hafeez A., Männer K., Schieder C., Zentek J. Effect of supplementation of phytogenic feed additives (powdered vs. encapsulated) on performance and nutrient digestibility in broiler chickens. Poult. Sci. 2016;95:622–629.

Hammer K.A., Carson C.F., Riley T.V. Antimicrobial activity of essential oils and other plant extracts. J Appl Microbiol, 86 (1999), pp. 985-990

Hashemipour H, Kermanshahi H, Golian A, Veldkamp T. Effect of thymol and carvacrol feed supplementation on performance, antioxidant enzyme activities, fatty acid composition, digestive enzyme activities, and immune response in broiler chickens. Poultry Science. Volume 92. Issue 8. 2013, Pp 2059-2069,

Khattak F., Ronchi A., Castelli P., Sparks N. Effects of natural blend of essential oil on growth performance, blood biochemistry, cecal morphology, and carcass quality of broiler chickens. Poult. Sci. 2014;93:132–137

Kraehenbuhl, J.P. & Neutra, M.R. (1992) Molecular and cellular basis of immune protection of mucosal surfaces. Physiology Reviews, 72: 853–879.Krishan and Narang J. Adv. Vet. Anim. Res., 1(4): 156-162, December 2014

Lang A., Lahav M., Sakhnini E, Barshack I., Fidder H. H., Avidan B. Allicin inhibits spontaneous and TNF-alpha induced secretion of proinflammatory cytokines and chemokines from intestinal epithelial cells. Clin Nutr, 23 (2004), pp. 1199-1208

Lee S.H., Lee S.Y., Son D.J., Lee H., Yoo H.S., Song S. Inhibitory effect of 2′-hydroxycinnamaldehyde on nitric oxide production through inhibition of NF-kappa B activation in RAW 264.7 cells Biochem Pharmacol, 69 (2005), pp. 791-799

Liu, S., Song, M., Yun, W., Lee, J., Kim, H. and Cho, J., 2020. Effect of carvacrol essential oils on growth performance and intestinal barrier function in broilers with lipopolysaccharide challenge. Animal Production Science, 60(4), pp.545-552.

Mitsch, P., Zitterl-Eglseer, K., Köhler, B., Gabler, C., Losa, R. and Zimpernik, I., 2004. The effect of two different blends of essential oil components on the proliferation of Clostridium perfringens in the intestines of broiler chickens. Poultry science, 83(4), pp.669-675.

Mohammadi Gheisar M., Kim I.H. Phytobiotics in poultry and swine nutrition—A review. Ital. J. Anim. Sci. 2018;17:92–99.

Oso A.O., Suganthi R.U., Reddy G.B.M., Malik P.K., Thirumalaisamy G., Awachat V.B., Selvaraju S., Arangasamy A., Bhatta R. Effect of dietary supplementation with phytogenic blend on growth performance, apparent ileal digestibility of nutrients, intestinal morphology, and cecal microflora of broiler chickens. Poult. Sci. 2019;98:4755–4766

Oviedo-Rondón, Edgar O., et al. “Ileal and caecal microbial populations in broilers given specific essential oil blends and probiotics in two consecutive grow-outs.” *Avian Biology Research* 3.4 (2010): 157-169.

Petersen C. and June L. Round. Defining dysbiosis and its influence on host immunity and disease. Cellular Microbiology (2014)16(7), 1024–1033

Starčević K., Krstulović L., Brozić D., Maurić M., Stojević Z., Mikulec Ž., Bajić M., Mašek T. Production performance, meat composition and oxidative susceptibility in broiler chicken fed with different phenolic compounds. J. Sci. Food Agric. 2014;95:1172–1178.

Yanishlieva, N.V., Marinova, E.M., Gordon, M.H. and Raneva, V.G., 1999. Antioxidant activity and mechanism of action of thymol and carvacrol in two lipid systems. *Food Chemistry*, *64*(1), pp.59-66.

Yegani, M. and Korver, D.R., 2008. Factors affecting intestinal health in poultry. Poultry science, 87(10), pp.2052-2063.

Zhai, H., H. Liu, Shikui Wang, Jinlong Wu and Anna-Maria Kluenter. “Potential of essential oils for poultry and pigs.” Animal Nutrition 4 (2018): 179 – 186.

Zhang G.F., Yang Z.B., Wang Y., Yang W.R., Jiang S.Z., Gai G.S. Effects of ginger root (Zingiber officinale) processed to different particle sizes on growth performance, antioxidant status, and serum metabolites of broiler chickens. Poult. Sci. 2009;88:2159–2166.