

Pregledni naučni rad

DOI: 10.5937/SVS26042S

ZEOLIT I KVALITET TRUPA I MESA BROJLERA

Marija Starčević^{1*}, Milica Laudanović², Radivoje Anđelković³, Aleksandra Tasić⁴, Nataša Glamočlija², Jelena Janjić², Milan Ž. Baltić²

¹Centar veterinarske službe, Uprava za vojno zdravstvo, Ministarstvo odbrane, Beograd, Republika Srbija

²Fakultet veterinarske medicine, Univerzitet u Beogradu, Beograd, Republika Srbija

³Univerzitet odbrane, Ministarstvo odbrane, Beograd, Republika Srbija

⁴ Naučni institut za veterinarstvo Srbije, Beograd, Republika Srbija

*e-mail kontakt osobe: marijadok@gmail.com

Kratak sadržaj

Zeolit klinoptilolit je aditiv koji se decenijama koristi u stočarskoj proizvodnji, prvenstveno u cilju adsorpcije mikotoksina, teških metala, kao i štetnih gasova. Međunarodna agencija za istraživanje raka (IARC) klasifikovala je zeolit kao „netoksičan“, Američka agencija za hranu i lekove (FDA) kao bezbedan za ljudsku upotrebu, a Evropska agencija za bezbednost hrane (EFSA) kao bezbedan za potrošače, životinje i životnu sredinu. Ukupna količina klinoptilolita sedimentnog porekla iz svih izvora ne sme preći maksimalni sadržaj od 10.000 mg/kg. Do sad su mnogi korisni efekti primećeni nakon upotrebe zeolita u ishrani živine, kao što su detoksikacija toksičnih materija u digestivnom traktu, poboljšanje imuniteta i zdravstvenog stanja životinja. Upotrebom zeolita u ishrani životinja postiže se povećana iskoristljivost hranljivih materija kao rezultat smanjene brzine pasaže hrane kroz gastrointestinalni trakt. Pored toga, primenom zeolita može se postići i bolji kvalitet trupova živine. Zeolit može aktivirati antioksidativne enzime, peroksidazu, katalazu i superoksid dismutazu, pa prema tome povećava antioksidativnu sposobnost mesa brojlera. Njegovom upotrebom zapažen je smanjen stepen lipidne peroksidacije u tkivima, kao i poboljšanje senzorskih osobina mesa. Svi ovi efekti zeolita podstiču njegovu primenu u ishrani životinja. Međutim, dosadašnja istraživanja dolazila su do oprečnih zaključaka o optimalnom sadržaju zeolita u hrani za životinje, tipu prirodnog zeolita, kao i stepenu njegove usitnjenosti, a kojima se postižu najbolje zdravstveno stanje životinja, proizvodni rezultati, kao i kvalitet trupova i mesa brojlera. Prema tome, dalje strategije upotrebe klinoptilolita moraju uključivati dodatna istraživanja, a koja će rasvetliti načine njegovog delovanja, vezu između njegovog sadržaja u hrani i efekata na životinje, kao i potencijalne sinergističke efekte sa drugim aditivima u hrani za životinje kako bi se iskoristile maksimalne mogućnosti njegove primene u živinarskoj proizvodnji.

Ključne reči: klinoptilolit, brojler, proizvodni rezultati, kvalitet trupa, kvalitet mesa

UVOD

Proizvodnja živinskog mesa je jedna od najperspektivnijih grana u poljoprivrednoj proizvodnji zbog brzog usvajanja novih tehnologija i novih proizvoda, kao i optimizaciji uslova proizvodnje i njene ekonomičnosti (Wicker, 2001). Lider u proizvodnji živinskog mesa u Evropskoj uniji je Poljska sa 18% proizvodnje, a zatim slede Španija, Francuska, Nemačka, Italija i Holandija koje proizvode od 8% do 13% od ukupne proizvodnje živinskog mesa u Evropskoj uniji. Preostalih 26% proizvode ostale zemlje Evropske unije (European Commission, 2021). Zbog povećanja broja ljudi u svetu koji će do 2050. godine dostići 10 milijardi ljudi (FAO, 2017), predviđanja su da će potrošnja mesa živine u svetu dostići 173 miliona tona do 2034. godine, pri čemu će živinsko meso činiti 45% ukupne proizvodnje mesa na tržištu. Dominacija živinskog mesa na tržištu u odnosu na ostale vrste mesa je nastala iz više razloga, a posebno zbog njegove niske cene, ali i povoljnog nutritivnog profila u poređenju sa drugim vrstama mesa (OECD/FAO, 2025). Naime, jedna od prednosti upotrebe živinskog mesa u ishrani ljudi ogleda se u njegovoj izuzetnoj nutritivnoj vrednosti, pri čemu je meso grudi veoma cenjeno zbog niskog sadržaja masti i visokog sadržaja proteina (i do 25%). Osim toga, pileće meso je važan izvor esencijalnih polinezasićenih masnih kiselina (PUFA), posebno n-3 masnih kiselina (Mir i sar., 2017). Živinsko meso ima nižu cenu od svinjskog i goveđeg mesa, što je važno za veliki broj siromašnih ljudi u svetu. Jedna od karakteristika živinskog mesa je to što se formulisanjem obroka za ishranu živine i dodavanjem biološki aktivnih jedinjenja (selen, vitamin E, polinezasićene masne kiseline (PUFA), n-3 masne kiseline, konjugovana linolna kiselina (CLA) itd.) može proizvesti funkcionalna hrana sa korisnim efektima za zdravlje ljude (Starčević i sar., 2021).

Međutim, proizvođači živine se danas suočavaju sa mnogim izazovima. Ovo se posebno odnosi na velike farme, gde rutinska i preventivna upotreba antibiotika dovodi do razvoja rezistencije na lekove, što predstavlja pretnju za društvo i stvara uslove za pojavu pandemija kod ljudi (Peeters i sar., 2020). Rezistencija na lekove može uticati na mikrobiom životinja koji sa druge strane utiče ne samo na imunitet, već i na dostupnost hranljivih materija, a samim tim na rast, proizvodne rezultate životinja i kvalitet mesa (Zhu i sar., 2019).

Brojne studije su sprovedene kako bi se smanjila upotreba antibiotika u stočarskoj i živinarskoj proizvodnji i tražene su alternative antibioticima kako bi se postigla efikasna ishrana i optimalni proizvodni rezultati životinja (Abdelrahman i sar., 2023). Danas se veliki broj jedinjenja koristi kao aditivi za hranu za životinje uključujući probiotike, prebiotike, sinbiotike, eubiotike, fitobiotike, lekovito bilje, organske kiseline, esencijalna ulja i minerale, a u cilju poboljšanja zdravstvenog stanja životinja i smanjenja upotrebe antibiotika u stočarskoj proizvodnji (Dankowiakowska i sar., 2013). Prema tome, različiti aditivi za hranu za životinje se koriste u živinarskoj proizvodnji već dugi niz godina zbog toga što se njihovom upotrebom postiže bolja iskoristljivost hranljivih materija iz hrane, povećanje telesne mase i manja potrošnja hrane, kao i modulacija mehanizama imunološkog odgovora (Wlazlak i sar., 2024). Pored toga, potrošači sve više traže hranu koja potiče iz proizvodnih sistema koji ne koriste štetne hemijske materije.

Aditiv koji se često koristi u krmnim smešama za životinje je zeolit. Zeoliti su grupa prirodnih minerala koja pripada aluminosilikatima čija je struktura sastavljena od

kanala, a koji u velikoj meri određuju njihova važna svojstva uključujući kapacitet za katjonsku razmenu, adsorpciju, hidrataciju i dehidraciju (Alvarez i sar., 2019). U stočarskoj proizvodnji aluminosilikati se koriste kao aditivi za hranu i dodaci za prostirku, prvenstveno zbog njihove visoke sposobnosti da apsorbiraju vodu, a takođe mikotoksine i štetne gasove (posebno amonijak) (Dankowiakowska i sar., 2013). Stoga, Evropska Unija je predložila upotrebu zeolita klinoptilolita u uzgoju svih vrsta životinja kao jedinjenja koje vezuje mikotoksine, a takođe i sredstva protiv zgrudnjavanja (EFSA FEEDAP Panel, 2025).

KARAKTERISTIKE ZEOLITA KLINOPTILOLITA

Aditiv pod nazivom „klinoptilolit sedimentnog porekla“ je zeolit praškaste teksture koji kao aktivnu supstancu sadrži najmanje 80% hidratisanog kalcijum aluminosilikata sedimentnog porekla i najviše 20% glinenih minerala (EFSA, 2025). Klinoptilolit je tetraedarne strukture negativnog naelektrisanja, u čijim porama se nalaze joni. U porama zeolita smešteni su lako pokretljivi joni natrijuma, kalijuma, kalcijuma, magnezijuma i molekuli vode (Mastinu i sar., 2019). Prirodni zeolit, klinoptilolit, ima široku upotrebu u poljoprivredi, zbog toga što ga je Međunarodna agencija za istraživanje raka (IARC, 1997) klasifikovala kao „netoksičan“, Američka agencija za hranu i lekove (FDA, 2016) kao bezbedan za ljudsku upotrebu, a Evropska agencija za bezbednost hrane (EFSA, 2025) kao bezbedan za potrošače, životinje i životnu sredinu. Od 2007. godine, aditivi na bazi zeolita proglašeni su bezbednim za konzumente mesa, mleka ili jaja od životinja koje su dobijale zeolit u hrani ili stajnjaku. Ukupna količina klinoptilolita sedimentnog porekla iz svih izvora ne sme preći maksimalni sadržaj od 10.000 mg/kg (EFSA, 2025).

Zeolit se može koristiti u ishrani živine, svinja, teladi i ovaca, što poboljšava njihove karakteristike kao što su konverzija hrane i iskorišćavanje hranljivih materija, brzina rasta, debljina ljuske i dr. (Oggiano i sar., 2023). Upotrebom zeolita u ishrani životinja postiže se povećana iskoristljivost hranljivih materija kao rezultat smanjene brzine pasaže hrane kroz gastrointestinalni trakt, imobilizacije enzima i promene crevne mikroflore (Wu i sar., 2013). Pored toga, utvrđeno je da zeolit poseduje antimikrobna svojstva (Haile i Nahla, 2010), a nakon njegove primene u ishrani brojlera zapaženo je poboljšanje proizvodnih rezultata životinja, kao i senzorskih osobina mesa (Mallek i sar., 2012). Svi ovi efekti zeolita podstiču njegovu primenu u ishrani životinja.

Mnoge studije su pokazale da zeolit poseduje sposobnost vezivanja mikotoksina, amonijaka, teških metala i organskih jedinjenja (Pan i sar., 2021). Upotrebom zeolita može se poboljšati kvalitet peletirane hrane povećavajući stepen njene homogenizacije, kao i silaže u pogledu podsticanja fermentacije, čime doprinosi lakšem održavanju željene pH vrednosti smanjujući rizik od kvarenja silaže (Adamovic i sar., 2020). Osim toga, zeolit može aktivirati antioksidativne enzime, peroksidazu, katalazu i superoksid dismutazu, što je zabeleženo kod mnogih životinja. Zeolit se može koristiti i kao sastojak u pakovanjima hrane, zbog sadržaja silicijum oksida u svom sastavu, a koji doprinosi adsorpciji vode, održavanju pH vrednosti i produžavanju svežine hrane (Oggiano i sar., 2023).

Veličina čestica zeolita, veličina kristalita i poroznost čestica zeolitskih materijala imaju veliki uticaj na njegovu jonsku razmenu, adsorpciju i katalitičku aktivnost

(Abdelrahman i sar., 2023). Efekti upotrebe zeolita u ishrani životinja zavise od njegove prirode, koncentracije, sadržaja aluminijuma u zeolitu i kalcijuma i fosfora u hrani. Zeoliti inhibiraju apsorpciju fosfora iz hrane formiranjem jedinjenja sa fosforom, povećavaju apsorpciju kalcijuma i indirektno utiču na metabolizam fosfora (Eleroglu i sar., 2011).

Značajna sposobnost adsorpcije zeolita se može iskoristiti i u slučaju uklanjanja radioaktivnih elemenata Cr^{3+} i Cr^{6+} iz zemljišta, vode i vazduha zbog čega zeolit može naći svoju primenu i u dekontaminaciji životne sredine (Molla i sar., 2017).

ZEOLIT I KVALITET TRUPA BROJLERA

Dodavanje zeolita u hranu za brojlere dovelo je do povećanja mase trupova, grudnih mišića i ukupnih mišića u trupu u odnosu na kontrolnu grupu koja nije hranjena sa dodatkom zeolita (Banaszak i sar., 2021). Sa druge strane, dodavanje od 0,5% do 4% zeolita u hranu za brojlere nije imalo značajan uticaj na poboljšanje parametara kvaliteta trupa (Tatar i sar., 2012; Pavlak i sar., 2022; Abdelrahman i sar., 2023). Ovo je u suprotnosti sa rezultatima Safaeikatuli i sar. (2012), koji su primetili povećan prinos mesa, a posebno mesa grudi i bataka, uz suplementaciju zeolitom. Ovi autori su povećan prinos mesa pripisali boljoj iskoristljivosti hrane. Takođe, Christaki i sar. (2006) su pokazali da je 2% zeolita u hrani uticalo na povećanje mase mišića brojlera i smanjenje količine abdominalne masti u trupu. Sa druge strane, dodavanje zeolita u količini od 0,25% i 0,5% u ishranu brojlera je povećalo sadržaj abdominalne masti u trupovima (Pavlak i sar., 2022). Jedno od objašnjenja povećane mase trupova, kao i ukupne mišićne mase pilića koji su unosili zeolit može se naći u uticaju aluminosilikata na procese u digestivnom traktu koji povećavaju konverziju hrane (Tatar i sar., 2012). Naime, veća mišićna masa kod pilića gde su korišćeni aluminosilikati ukazuje na vezu ovih prirodnih minerala sa stabilizacijom aminokiselina, a to indirektno utiče na izgradnju mišića kod pilića. Može se pretpostaviti da aluminosilikati imaju sposobnost da zadržavaju hranljive materije u digestivnom traktu i tako poboljšaju njihovu apsorpciju (Banaszak i sar., 2021).

Pored toga, različiti literaturni podaci o uticaju dodavanja zeolita u hranu na parametre kvaliteta trupa i prinos mesa brojlera ukazuju da efekat upotrebe zeolita ne zavisi samo od njegovog sadržaja u hrani, već i od dužine vremena njegove upotrebe, kao i specifičnih karakteristika korišćenog zeolita.

ZEOLIT I KVALITET MESA BROJLERA

Kvalitet mesa je važan za proizvođače, a pre svega za potrošače i sastoji se od velikog broja parametara koji ukazuju na pogodnost mesa za dalju preradu. Iako se proizvodna svojstva pilića ne odražavaju uvek na parametre kvaliteta trupa i mesa brojlera, podaci koji se tiču uticaja primene aluminosilikata na kvalitet mesa brojlera su veoma ograničeni. Nakon dodavanja zeolita u hranu za brojlere pH vrednost mišića grudi nije se promenila, što ukazuje da se stepen biohemijskih promena u mesu ne menja dodatkom zeolita (Banaszak i sar., 2021). Iako dodavanje zeolita u koncentraciji od 1% u hranu za brojlere nije uticalo na boju mesa (Hashemi i sar., 2017), drugi autori su utvrdili manje žutu boju (Banaszak i sar., 2021) i manje crvenu boju mesa u grupama kojima je dodavan zeolit (Abdelrahman i sar., 2023).

Pored toga, upotreba zeolita je doprinela boljoj sposobnosti vezivanja vode (Banaszak i sar., 2021), dok drugi autori nisu zapazili da dodavanje zeolita utiče na sposobnost vezivanja vode (Hashemi i sar., 2017; Abdelrahman i sar., 2023). Aluminosilikati mogu da vezuju vodu zahvaljujući svojoj strukturi i kao što je ranije pomenuto, oni utiču na varenje i apsorpciju hranljivih materija, pa time i izgradnju mišićnog tkiva. Sposobnost vezivanja vode u mišićima zavisi od trodimenzionalne strukture proteina, a to je direktno povezano sa rastom pilića i pravilnom izgradnjom mišićnog tkiva (Hashemi i sar., 2017). Osim toga, dodavanjem kombinacije eteričnih ulja i zeolita u hranu za brojlere postiže se niži stepen lipidne peroksidacije u mesu, što doprinosi boljoj održivosti mesa. Zeoliti, poput hidratiranih aluminosilikata, koriste se kao sredstva za detoksikaciju kod ljudi i životinja zbog njihovog specifičnog vezivanja teških metala, kiseonika i reaktivnih vrsta kiseonika (ROS). Mogućnost zeolita da uklanjaju slobodne radikale odgovorna je za njihovu sposobnost da smanje lipidnu peroksidaciju u mesu (Abdelrahman i sar., 2023). Upotreba prirodnog zeolita kao aditiva za hranu poboljšava antioksidativnu sposobnost mesa grudi ćurki, a takođe i sadržaj polinezasićenih masnih kiselina ćurki (Hcini i sar., 2018) i brojlera (Mallek i sar., 2012), što rezultira boljim kvalitetom mesa. Fizičko-hemijski parametri koji odražavaju kvalitet mesa zavise od mnogih faktora, uključujući hranu za životinje, suplemente u hrani, način gajenja životinja i uslova pre klanja, koji su takođe povezani sa oksidativnim stresom koji utiče na osobine mesa (Hcini i sar., 2018).

Aluminosilikati kao prirodni minerali sa specifičnom strukturom su bogati resursi, relativno jeftini, i zbog svoje strukture mogu akumulirati vodu, alkalne katjone i supstance koje se smatraju toksičnim. Pored toga, dodavanje aluminosilikata može sprečiti rast patogena na farmama životinja, što poboljšava zdravlje brojlera i njihov rast (Semenenko i sar., 2020). Svi ovi aspekti imaju ogroman uticaj na kvalitet proizvedenog mesa brojlera.

ZAKLJUČAK

Prirodni zeolit, klinoptilolit, kao aditiv se decenijama koristi u ishrani brojlera, prvenstveno u cilju adsorpcije mikotoksina, teških metala, kao i štetnih gasova, a posebno amonijaka. Do sad su mnogi korisni efekti primećeni nakon upotrebe zeolita u ishrani živine, kao što su detoksikacija toksičnih materija u digestivnom traktu, poboljšanje imuniteta i zdravstvenog stanja životinja. Sve češća primena aluminosilikata u ishrani životinja doprinosi smanjenju preventivne upotrebe antibiotika u živinarskoj proizvodnji. Pored toga, primenom zeolita postiže se bolja resorpcija hranljivih materija u digestivnom traktu, pa prema tome i bolji proizvodni rezultati životinja, kao i bolje karakteristike trupova životinja. Jedan od korisnih svojstava upotrebe zeolita u ishrani živine je povećanje antioksidativne sposobnosti mesa brojlera, pa tako i smanjen stepen lipidne peroksidacije u tkivima, kao i poboljšanje senzorskih osobina mesa. Svi ovi efekti zeolita podstiču njegovu primenu u ishrani životinja. Dosadašnja istraživanja dolazila su do oprečnih zaključaka o optimalnom sadržaju zeolita u hrani za životinje, tipu prirodnog zeolita, kao i stepenu njegove usitnjenosti, a kojima se postižu najbolje zdravstveno stanje životinja, proizvodni rezultati, kao i kvalitet trupova i mesa brojlera. Prema tome, dalje strategije upotrebe klinoptilolita moraju uključivati dodatna istraživanja, a koja će rasvetliti načine njegovog delovanja, vezu između njegovog sadržaja u hrani i

efekata na životinje, kao i potencijalne sinergističke efekte sa drugim aditivima u hrani za životinje kako bi se iskoristile maksimalne mogućnosti njegove primene u živinarskoj proizvodnji.

ZAHVALNICA

Rad je podržan sredstvima Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (Ugovor broj 451-03-34/2026-03/200143).

LITERATURA

1. Abdelrahman M.M., Al-Baadani H.H., Qaid M.M., Al-Garadi M.A., Suliman G.M., Alobre M.M., Al-Mufarrej S.I. 2023. Using Natural Zeolite as a Feed Additive in Broilers' Diets for Enhancing Growth Performance, Carcass Characteristics, and Meat Quality Traits. *Life*, 13, 1548. <https://doi.org/10.3390/life1307154>.
2. Adamović M., Stojanović M., Harbinja M., Maslovarić M., Bočarov-Stančić A., Pezo L. 2020. Efficiency investigation of the use of pyrophyllite in ensiling maize plant. *Food and Feed Research* 47: 2. <https://doi.org/10.5937/ffr47-29445>.
3. Álvarez H.J.D., González R.L., Cruz E.O.A. 2019. Evaluación agronómica de fertilizantes de fórmula completa mezclados con zeolita natural en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.). *Revista Centro Agrícola*, 46 (1): 24-30.
4. Banaszak M., Biesek J., Adamski M. 2021. Growth performance and meat quality from broiler chickens reared with zeolite and halloysite in feed and straw pellet. *Animal Science Journal*, 92:e13649. <https://doi.org/10.1111/asj.13649>.
5. Christaki E. V., Florou-Paneri P. C., Fortomaris P. D., Tserveni Gousi A. S., Yannakopoulos A. L. 2006. Effects of dietary inclusion of natural zeolite and flaxseed on broiler chickens body fat deposition in an extended fattening period. *European Poultry Science*, 70: 106–111.
6. Dankowiakowska A., Kozłowska I., Bednarczyk, M. 2013. Probiotics, prebiotics and synbiotics in poultry—mode of action, limitation, and achievements. *Journal of Central European Agriculture*, 14: 467–478. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/14.1.1222>.
7. EFSA FEEDAP Panel (EFSA Panel on Additives and Products or Substances used in Animal Feed), Villa, R. E., Azimonti, G., Bonos, E., Christensen, H., Durjava, M., Dusemund, B., Gehring, R., Glandorf, B., Kouba, M., López-Alonso, M., Marcon, F., Nebbia, C., Pechová, A., Prieto-Maradona, M., Röhe, I., Theodoridou, K., Galobart, J., Holczknecht, O. Amaduzzi, A. 2025. Safety and efficacy of the feed additive consisting of clinoptilolite of sedimentary origin for all animal species for the renewal of its authorisation (ZEOCEM, a.s.). *EFSA Journal*, 23(4): e9364. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2025.9364>.
8. Eleroglu H., Yalçın H., Yıldırım A. 2011. Dietary effects of Ca-zeolite supplementation on some blood and tibial bone characteristics of broilers. *South African Journal of Animal Science*, 41: 319–330. <https://doi.org/10.4314/sajas.v41i4.1>.
9. European Commission, 2021. DG ESTAT, DG AGRI, MSs notifications (regulation (EC) 2017/1185 and regulation (EC) 617/2008), GTA. DG AGRI dashboard: Poultry meat. 20 January 2021. https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/food-farming-fisheries/farming/documents/poultry-meat-dashboard_en.pdf.

10. FAO. 2017. The Future of Food and Agriculture: Trends and Challenges; FAO: Rome, Italy. <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/i6881e>.
11. FDA, 2016. Code of federal regulations. Available at: <http://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcr/CFRSearch.cfm>.
12. Haile T., Nakhla G. 2010. The inhibitory effect of antimicrobial zeolite on the biofilm of *Acidithiobacillus thiooxidans*. Biodegradation, 21: 123-134, <https://doi.org/10.1007/s10532-009-9287-6>.
13. Hashemi S. R., Davoodi D., Dastar B. 2017. Effect of clinoptilolite coated with silver nanoparticles on meat quality attributes of broiler chickens during frozen storage. Iranian Journal of Applied Animal Science, 7: 321-328.
14. Hcini E., Slima A.B., Kallel I., Zormati S., Traore A.I., Gdoura R. 2018. Does supplemental zeolite (clinoptilolite) affect growth performance, meat texture, oxidative stress and production of polyunsaturated fatty acid of Turkey poults? Lipids in Health and Disease, 17: 177. <https://doi.org/10.1186/s12944-018-0820-7>.
15. International Agency for Research on Cancer (IARC), 1997. Zeolites other than erionite. Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans No. 68. IARC, Lyon, pp. 307-333.
16. Mallek Z., Fendri I., Khannous L., Ben Hassena A., Traore A.I., Ayadi M.A., Gdoura R. 2012. Effect of zeolite (clinoptilolite) as feed additive in Tunisian broilers on the total flora, meat texture and the production of omega 3 polyunsaturated fatty acid. Lipids in Health and Disease, 11: 35. <https://doi.org/10.1186/1476-511X-11-35>.
17. Mastinu A., Kumar A., Maccarinelli G., Bonini S.A., Premoli M., Aria F., Gianoncelli A., Memo M. 2019. Zeolite Clinoptilolite: Therapeutic Virtues of an Ancient Mineral. Molecules. 17, 24(8):1517. <https://doi.org/10.3390/molecules24081517>.
18. Mir N.A., Rafiq A., Kumar F., Singh V., Shukla V. 2017. Determinants of broiler chicken meat quality and factors affecting them: a review. Journal of Food Science and Technology, 54(10):2997-3009. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2789-z>.
19. Molla A., Ioannou Z., Mollas S., Skoufogianni E., Dimirkou A. 2017. Removal of chromium from soils cultivated with maize (*Zea mays*) after the addition of natural minerals as soil amendments. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 98: 347. <https://doi.org/10.1007/s00128-017-2044-3>.
20. OECD/FAO (2025), OECD-FAO Agricultural Outlook 2025-2034, Paris and Rome. <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cd6043en>.
21. Oggiano G., Pokimica B., Popović T., Takić M. 2023. Beneficial properties of zeolite. Italian Journal of Food Science, 35(1): 72-78. <https://doi.org/10.15586/ijfs.v35i1.2325>.
22. Pan X., Jiao F., Miao D., Bao X. 2021. Oxide-zeolite-based composite catalyst concept that enables syngas chemistry beyond Fischer-Tropsch synthesis. Chemical Reviews 121: 6588-6609. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.0c01012>.
23. Peeters A., Lefebvre O., Balogh L., Barberi P., Bastello C., Bellon S., Galifami T., Gkisakis V., Lana M., Migliorini P., Ostermann O., Wezel, A. 2020. A Green Deal for implementing agroecological systems: Reforming the Common Agricultural

- Policy of the European Union. *Journal of Sustainable and Organic Agricultural Systems*, 70: 83–93. <https://doi.org/10.3220/LBF1610123299000>.
24. Semenenko M., Kuzminova E., Grin V., Rogaleva E., Semenenko K. 2020. Possibilities of using natural aluminosilicates in the development of medicines at hepatosis in poultry. In XIII International Scientific and Practical Conference “State and Prospects for the Development of Agribusiness—INTERAGROMASH 2020”. E3S Web Conferences 29 June 2020 (Vol. 175) (04002). France: EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017504002>.
25. Starcevic M., Boskovic S., Vujadinovic D., Rajcic A., Branković Lazic I., Baltic B., Baltic M.Z. 2021. Culinary preparation and processing of meat with wooden breast myopathy. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Volume 854, 012094, 61st International Meat Industry Conference 26-29 September 2021, Zlatibor, Serbia. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/854/1/012094>.
26. Tatar A., Boldaji F., Dastar B., Hassani S., Yalçın S., 2012. Effects of dietary supplementation with perlite and zeolite on performance, litter quality and carcass characteristics of broilers from 7–42 days of age. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 3: 1148–1154.
27. Wicker D.L. 2001. Obstacles and challenges in implementing new technologies in the poultry industry. 89th Annual Meeting of the Poultry Science Association. Montreal, Quebec, Canada. Pages, 303-305. <https://doi.org/10.1093/japr/10.3.303>.
28. Właźlak S., Biesek J., Banaszak M. 2024. Growth performance, meat quality, strength of jejunum and leg bones of both sexes Cherry Valley ducks fed with zeolite. *Scientific Reports*, 14:3938. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-54393-2>.
29. Wu Q.J., Wang L.C., Zhou Y.M., Zhang J., Wang T. 2013. Effects of clinoptilolite and modified clinoptilolite on the growth performance, intestinal microflora, and gut parameters of broilers. *Poultry Science*, 92(3): 684-692. <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02308>.
30. Zhu N., Wang J., Yu L., Zhang Q., Chen K., Liu B., 2019 Modulation of growth performance and intestinal microbiota in chickens fed plant extracts or virginiamycin. *Frontiers in Microbiology*, 10, 1333. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.01333>.

ZEOLITE AND CARCASS AND MEAT QUALITY OF BROILERS

Marija Starčević^{1*}, Milica Laudanović², Radivoje Anđelković³, Aleksandra Tasić⁴, Nataša Glamočlija², Jelena Janjić², Milan Ž. Baltić²

¹Veterinary Service Centre, Military Health Department, Ministry of defence of Republic of Serbia, Belgrade, Republic of Serbia

²Faculty of Veterinary Medicine, University of Belgrade, Belgrade, Republic of Serbia

³University of Defense, Ministry of defence of Republic of Serbia, Belgrade, Republic of Serbia

⁴Scientific Institute of Veterinary Medicine of Serbia, Belgrade, Republic of Serbia

*Corresponding author's e-mail: marijadok@gmail.com

Summary

Zeolite clinoptilolite is an additive that has been used in livestock production for decades, primarily for the adsorption of mycotoxins, heavy metals, and harmful gases. The International Agency for Research on Cancer (IARC) classified zeolite as "non-toxic", the US Food and Drug Administration (FDA) as safe for human consumption, and the European Food Safety Authority (EFSA) as safe for consumers, animals, and the environment. The total amount of clinoptilolite of sedimentary origin from all sources must not exceed the maximum content of 10,000 mg/kg. To date, many beneficial effects have been observed following the use of zeolite in poultry nutrition, such as the detoxification of toxic substances in the digestive tract, and the improvement of animal immunity and health status. The use of zeolite in animal nutrition achieves increased nutrient utilization as a result of a reduced rate of feed passage through the gastrointestinal tract. In addition, the administration of zeolite can lead to better poultry carcass quality. Zeolite can activate antioxidant enzymes, peroxidase, catalase, and superoxide dismutase, thereby increasing the antioxidant capacity of broiler meat. Its use has been shown to reduce the rate of lipid peroxidation in tissues, as well as to improve the sensory characteristics of the meat. All these effects of zeolite encourage its application in animal nutrition. However, previous research has reached conflicting conclusions regarding the optimal zeolite content in animal feed, the type of natural zeolite, and its particle size required to achieve the best animal health status, production performance, as well as broiler carcass and meat quality. Therefore, future strategies for clinoptilolite use must include additional research to elucidate its mechanisms of action, the relationship between its dietary content and its effects on animals, as well as potential synergistic effects with other feed additives in order to increase its potential in poultry production.

Keywords: clinoptilolite, broiler, production performance, carcass quality, meat quality