

Fitogeni pripravci u hranidbi životinja i njihov utjecaj na kvalitetu mesa

Goran Kiš^{1*}, Dalibor Bedeković¹, Zvonimir Prpić¹

Sažetak

Fitogeni pripravci u hranidbi životinja sve se češće promatraju kao perspektivna alternativa sintetskim aditivima i antibioticima u suvremenoj stočarskoj proizvodnji. Zahvaljujući bogatom spektru bioaktivnih spojeva s antioksidativnim, antimikrobnim i imunomodulacijskim svojstvima, ovi dodaci mogu pozitivno utjecati na zdravlje životinja te pridonijeti poboljšanju kvalitete mesa. Ključni aspekti uključuju smanjenje lipidne oksidacije, stabilizaciju i modifikaciju profila masnih kiselina uz istovremeno smanjenje zasićenih masnih kiselina i kolesterola, očuvanje boje, mirisa i teksture mesa, kao i povećanje mikrobiološke sigurnosti. Primjena fitogenih dodataka u peradarstvu, svinjogojstvu i kod preživača pokazala je povoljan učinak na stabilnost crijevne mikroflore i smanjenje prevalencije patogena, što se odražava i na higijensku kakvoću mesa. Ipak, njihova šira primjena suočava se s određenim ograničenjima, uključujući kemijsku varijabilnost, potencijalne toksične učinke pri visokim dozama, moguće interakcije s drugim aditivima te višu cijenu standardiziranih pripravaka. Regulativa Europske unije zahtijeva jasnu znanstvenu podlogu za odobravanje takvih dodataka, uključujući procjenu sigurnosti i učinkovitosti. Buduća istraživanja trebala bi se usmjeriti na optimizaciju doza, standardizaciju aktivnih sastojaka te na potencijalne sinergije s probioticima i prebioticima, kako bi se osigurala učinkovita i sigurna primjena fitogenih dodataka u cilju unaprjeđenja kvalitete mesa

Ključne riječi: fitogeni pripravci, kvaliteta mesa, hranidba životinja

Uvod

Suvremena stočarska proizvodnja nalazi se pred izazovima koji uključuju potrebu za smanjenjem uporabe antibiotika, povećanjem dobrobiti životinja, osiguravanjem zdravstvene ispravnosti proizvoda životinjskog podrijetla te očuvanjem okoliša. Paralelno s tim zahtjevima raste i interes potrošača za hranom proizvedenom na održiv način, s minimalnom upotrebom kemijskih sredstava i bez rezidua antibiotika u mesu. Ovi trendovi potaknuli su intenzivno istraživanje prirodnih dodataka u hranidbi životinja, a fitogeni dodaci (biljni) danas

se smatraju jednom od najperspektivnijih skupina takvih alternativnih rješenja (Windisch i sur., 2008.; FAO, 2016.).

Fitogeni dodaci mogu pružiti višestruke koristi u stočnoj proizvodnji — od poboljšanja zdravlja i produktivnosti životinja, do pozitivnog utjecaja na konačnu kvalitetu proizvoda, uključujući meso. Meso visoke kvalitete, definirano povoljnim nutritivnim profilom, dobrom senzorskom prihvatljivošću (boja, okus, tekstura) i mikrobiološkom sigurnošću, ima ključnu ulogu u zadovoljstvu potrošača i tržiš-

¹Prof.dr.sc. Goran Kiš; Izv.prof.dr.sc. Dalibor Bedeković; Prof.dr.sc. Zvonimir Prpić; Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, Hrvatska

*autor za korespondenciju: kis@agr.hr

nom uspjehu proizvođača. Stoga istraživanje potencijala fitogenih dodataka kao sredstva za poboljšanje kvalitete mesa predstavlja izuzetno aktualno i praktično relevantno područje (European Commission, 2003.).

Cilj ovoga rada je sustavno prikazati ulogu fitogenih dodataka u hranidbi domaćih životinja s naglaskom na njihov potencijalni utjecaj na kvalitetu mesa, uz navođenje mehanizama djelovanja, praktičnih primjera, regulatornih izazova te perspektive njihove šire primjene.

Definicija fitogenih dodataka u hranidbi životinja

Fitogeni dodaci (engl. *phytogenic feed additives*), obuhvaćaju široku skupinu prirodnih proizvoda biljnog podrijetla koji se dodaju hrani za životinje radi poboljšanja zdravlja, produktivnosti ili kvalitete proizvoda (Windisch i sur., 2008.). Oni uključuju:

- cjelovite suhe biljke ili njihove dijelove (list, cvijet, kora, korijen),
- začinsko bilje,
- biljne ekstrakte (vodenaste, alkoholne, uljne),
- eterična ulja,
- standardizirane mješavine aktivnih sastojaka.

Fitogeni dodaci sadrže kompleksne smjese bioaktivnih spojeva poput flavonoida, fenolnih kiselina, terpena, saponina, alkaloida i mnogih drugih. Ove molekule razvijene su evolucijski kao obrambeni mehanizmi biljaka protiv štetnika, ali u stočarskoj proizvodnji iskorištavaju se upravo njihova biološka svojstva: antimikrobna, antioksidativna, probavu potičuća ili imunomodulacijska (Greathead, 2003.; FAO, 2016.).

Prema Europskoj komisiji (2023.), fitogeni dodaci mogu biti registrirani kao „senzorski dodaci“ (aromatične tvari), „zootehnički dodaci“ (koji poboljšavaju zdravstveni status životinja) ili „tehno-loški dodaci“ (konzervansi, antioksidansi). Upravo ta raznolikost djelovanja daje im snažan potencijal za prilagodbu suvremenim potrebama stočarstva, uključujući pozitivno djelovanje na kvalitetu mesa.

Biološki aktivni spojevi u fitogenim dodacima

Fitogeni dodaci sadrže brojne bioaktivne komponente koje uvjetuju njihovo djelovanje na zdravlje životinja i kvalitetu mesa. Najčešće spominjane skupine spojeva su:

- Fenolne tvari i flavonoidi (npr. karvakrol, timol, kvercetin, apigenin): poznate po snažnom antioksidativnom potencijalu, sposobnosti neutraliziranja slobodnih radikala i stabilizaciji staničnih

membrana (Balasundram i sur., 2006.).

- Terpenoidi i eterična ulja (npr. linalol, geraniol, cineol): pokazuju izraženo antimikrobno djelovanje te mogu modulirati crijevnu mikrofloru (Burt, 2004.).
- Saponini: poznati po učinku na propusnost staničnih membrana bakterija, a ujedno mogu imati učinak snižavanja kolesterola (Francis i sur., 2002.).
- Alkaloidi: spojevi često prisutni u gorkim biljkama, djeluju na živčani sustav i mogu sudjelovati u regulaciji apetita i metabolizma (EFSA, 2021.).

Ove tvari, same ili u sinergiji, omogućuju širok spektar bioloških aktivnosti koje utječu ne samo na zdravlje životinja, nego i na kvalitetu proizvoda animalnog podrijetla.

Mehanizmi djelovanja fitogenih dodataka

Veliki broj fitogenih spojeva, posebice polifenola, djeluje kao antioksidansi neutralizirajući slobodne radikale, smanjujući lipidnu peroksidaciju u tkivima te stabilizirajući mišićne membrane, čime se sprječavaju oštećenja proteina i lipida koja mogu negativno utjecati na kvalitetu mesa (Obianwuna i sur., 2024.). Posljedično se produljuje svježina i rok trajanja mesa tijekom skladištenja. Uz to, eterična ulja origana, timijana i ružmarina sadrže spojeve koji mogu narušiti strukturu bakterijskih membrana i inhibirati enzimske sustave patogenih bakterija, čime smanjuju opterećenje crijeva štetnim mikroorganizmima i posredno utječu na higijensku kvalitetu mesa (Burt, 2004.). Smanjenje crijevnih infekcija istodobno pridonosi boljoj konverziji hrane i općem zdravstvenom statusu životinja. Fitogeni dodaci mogu također selektivno stimulirati korisne bakterijske populacije, slično probiotičima i prebiotičima, stabilizirajući crijevnu mikrofloru koja smanjuje rizik od endotoksemije i osigurava bolje uvjete za rast životinja, što se pozitivno odražava na kvalitetu mesa (FAO, 2016.). Osim toga, određeni fitogeni spojevi djeluju na enzime uključene u sintezu masnih kiselina te mogu potaknuti povećanje udjela polinezasićenih masnih kiselina (PUFA) u mesu, što je iz nutricionističkog gledišta vrlo poželjno, a posebno se istražuje u svinjogojstvu i peradarstvu (Hanczkowska i sur., 2015.).

Utjecaj fitogenih dodataka na kvalitetu mesa

Kvaliteta mesa određuje se brojnim parametrima, među kojima se posebno ističu kemijski sastav, profil masnih kiselina, tekstura, boja, miris,

Tablica 1. Biljke koje se koriste u hranidbi životinja i njihovi učinci (Kifah i sur., 2021.)**Table 1** Plants used in animal nutrition and their effects (Kifah et al., 2021)

Biljka (znanstveni naziv)/ Plant (scientific name)	Dio biljke/ Plant part	Aktivne tvari/ Active substance	Djelovanje/ Effect
Anis /Anise (<i>Pimpinella anisum</i>)	Plod /Fruit	Trans-anetol, estragol, γ-himahalen, metil kavikol /Trans-anetole, estragole, γ-hymachalen, methyl cavicol	Antioksidans, antimikrobno, antipiretik /Antioxidant, antimicrobial, antipyretic
Arnica /Arnica (<i>Arnica montana</i>)	Cvijet/Flower	Seskviterpenski laktoni /Sesquiterpene lactones	Antibakterijsko, protuupalno, analgetsko, antiagregacijsko /Antibacterial, antiinflammatory, analgesic, antiaggregant
Heljda /Buckweed (<i>Fagopyrum esculentum</i>)	Sjeme, listovi /Seeds, leaves	Flavonoli i flavoni /Flavonols and flavones	Antioksidativno, protuupalno, antimikrobno /Antioxidant, inflammatory, antimicrobial
Crni papar /Black Papper (<i>Piper nigrum</i>)	Plod /Fruit	Alkaloidflavonoidi, piperin /Alkaloidsflavonoids, piperine	Antioksidativno, antitumorsko, antipiretično, analgetsko, protuupalno, protiv proljeva, antibakterijsko /Antioxidant, antitumor, antipyretic, analgesic, antiinflammatory, antidiarrheal, antibacterial
Crni kumin /Black kumin seed (<i>Nigella sativa</i>)	Sjeme /Seeds	Alkaloidi /Alkaloids	Antihipertenzivno, antidijabetičko, antitumor- sko, antimikrobno, protuupalno /Antihypertensive, antidiabetic, anticancer, antimicrobial, anti inflammatory
Klinčić /Clove (<i>Syzygium aromaticum</i>)	Pupoljci /Buds	Eugenol ulje – karvon, geraniol /Eugenom oil – carvone, geraniol	Stimulans probave, apetit, antimikrobno sred- stvo, kolereitički insekticid /Digestion stimulant, Appetite, antimicrobial, choleric insecticidal
Cimet /Cinnamon (<i>Cinnamomum zeylanicum</i>)	Kora, cvijet /Bark, flower	Eugenol, fenolne i polifenolne tvari /Eugenol, phenolic polyphenolic substances	Antioksidativno, antivirusno, antilimfomijsko, antifungalno, pročišćavajuće /Antioxidant, antiviral, anti-lymphomic, anti- fungal, purifying
Korijander /Coriander (<i>Coriandrum sativum</i>)	Sjeme, listovi /Seeds, leaves	Limonen, kamfor, linalol, flavonoidi, kvercetin, ramnetin, epigenin /Limonene, camphor, linalool, flavo- noids, quercitin, rhamnetin, epigenin	Poticanje apetita, karminativno, lijek za želudac /Appetizer, carminative stomachic
Kumin /Cumin (<i>Cuminum cyminum</i>)	Sjeme /Seeds	Supstituirani pirazini/Substituted pyrazines	Probavni stimulator, karminativ, galaktagog /Digestive, carminative, galactagogue
Narcis /Daffodil (<i>Narcissus tazetta</i>)	Cvijet /Flower	Flavonoidi, alkaloidi, saponini, tanini, glikozidi, steroidi, terpenoidi /Flavonoids, alkaloids, saponins, tan- nins, glycosides, steroids, terpenoids	Protutumorsko, protiv HIV-a, protuupalno, neurotonično /Anticancer, Anti-HIV Anti-inflammatory, Neurotonic
Piskavica /Fenugreek (<i>Trigonella foenum-graecum</i>)	Listovi, sjeme /Leaves, seeds	Protodioscin, trigoneozid, diogenin i vamogenin /Protodioscin, trigoneoside, diosgenin, vamogenin	Antimikrobno, protuupalno, antioksidativno /Antimicrobial, Anti-inflammatory, antioxidant
Komorač /Fennel (<i>Foeniculum vulgare</i>)	Sjeme, listovi /Seeds, leaves	Fenhon, anetol, limonen, estragol /Fenchone, anethole, limonene, estragole	Želučano, karminativ, purgativ, diuretik /Stomachic, Carminative, purgative, diuretic
Ruj /Galla Rhois (<i>Rhus chinensis</i>)	Listovi /Leaves	Metil-galat, galna kiselina /Methyl gallate, gallic acid	Želučano, karminativ, purgativ, diuretik /Stomachic, Carminative, purgative, diuretic
Češnjak /Garlic (<i>Allium sativum</i>)	Lukovica /Bud	Antioksidansi, flavonoidi, S-alil-cistein sulfoksidi, aliin, alicin /Antioxidants, flavonoids, S-allyl-cyste- ine sulfoxides, alliin, allicin	Antifungalno, antivirusno /Antifungal, antiviral

Biljka (znanstveni naziv) /Plant (scientific name)	Dio biljke /Plant part	Aktivne tvari /Active substance	Djelovanje /Effect
Zeleni čaj /Green tea (<i>Camellia sinensis</i>)	Listovi /Leaves	Katehini, kofein, teanin, galna kiselina, klorogena kiselina /Catechins, caffeine, theanine gallic acid, chlorogenic acid	Poticanje apetita, probave, pojačivač imuniteta, inhibitor metana /Stomachic, appetizers, immunity enhancer, methane inhibitor
Guava /Guava (<i>Psidium guajava</i>)	Listovi, sjeme, plod /Leaves, seeds, fruit	Askorbinska kiselina, polifenoli, flavonoidi, karotenoidi /Ascorbic acid, polyphenols, flavo- noids, carotenoids	Antifungalno, antivirusno /Antifungal, antiviral
Haritaki plod /Fruit Harad (<i>Terminalia chebula</i>)	Plod /Fruit	Cimetne kiseline, floretinska kiselina, p-kumarinske kiseline, ferulinske kiseline /Cinnamic acids, phloretic acid, p-coumaric acids, ferulic acids	Smanjuje emisiju metana /Reduction in methane emission
Matičnjak /Lemon balm (<i>Melissa officinalis</i>)	Listovi /Leaves	Ružmarinska, kofeinska i metrilna kiseline /Rosmarinic, caffeic and metrilic acids	Blagi sedativ, spazmolitik, antibakterijsko /Mild sedative, spasmolytic, antibacterial
Limunska trava /Lemongrass (<i>Cymbopogon citratus</i>)	Izbojci, listovi /Shootes, leaves	Citronela, mircen, citral, citronelol, geranilol /Citronella, myrcene, citral, citronellol, geranilol	Antibakterijsko, baktericidno, fungicidno /Antibacterial, bactericidal, fungicidal
Sljez /Marsh mellow (<i>Althea officinalis</i>)	Listovi, korijen /Leaves, roots	Pektin, sluz, škrob, šećer od trske /Pectin, mucilage, starch cane sugar	Antibakterijsko, baktericidno, fungicidno /Antibacterial, bactericidal, fungicidal
Nim /Neem (<i>Azadirachta indica</i>)	Listovi /Leaves	Nimbinin, nimbidin, nimbin /Nimbinine, nimbidin, nimbin	Antifungalno, antivirusno, stimulira enzime koji razgrađuju vlakna, antibakterijsko /Antifungal, antiviral, stimulate fibre degrading enzymes, antibacterial
Origano /Oregano (<i>Origanum vulgare</i>)	Cvijet, listovi /Flower, leaves	Ursolne kiseline, leanolne kiseline, fenolni glikozidi /Ursolic acids, Leanolic acids, phenolic glycosides	Konzervans mesa, antibakterijsko /Meat preservative, antibacterial
Paprena metvica /Peppermint (<i>Mentha piperita</i>)	Stabljika, listovi /Steam, leaves	Tanini, gorke tvari i hlapljivo ulje /Tanini, gorke tvari i hlapljivo ulje	Antibakterijsko, spazmolitičko /Antibacterial, spasmolytic
Peršin /Parsley (<i>Petroselinum crispum</i>)	Listovi /Leaves	Apiol, flavonoidi, kumarini, vitamin C /Apiol, flavonoids, cumarins, vitamin C	Stimulans apetita i probave, antiseptik /Appetite and digestion stimulant, antiseptic
Ružmarin /Rormary (<i>Rosmarinus officinalis</i>)	Listovi /Leaves	Tanin, smole, gorke tvari i hlapljivo ulje /Tannin, resins, bitter substances and volatile oil	Protuupalno, antioksidans /Anti-inflammatory, antioxidant
Čubar/ Savory (<i>Satureja hortensis</i>)	Cvijet, listovi /Flower, leaves	Timol fenolni spojevi, flavonoidi, ste- roidi, kiseline, pirokateholi /Thymol phenolic compounds, flavo- noids, steroids, acids, pyrocatechols	Antioksidativno, antimikrobno, protuupalno, antikancerogeno /Antioxidant, antimicrobial, anti inflammatory, anticancer
Kadulja /Sage (<i>Salvia officinalis</i>)	Listovi /Leaves	Kariofilen, Linalol /Caryophyllene, Linalol	Antiseptik, poticanje probave /Antiseptic, digestion stimulant
Menta /Spearmint (<i>Mentha spicata</i>)	Listovi, cvjetovi/ Leaves, flowers	Karvon, dihidrokarvon, 1,8-cineol /Carvon, dihydrocarvone, 1, 8-cineole	Antioksidansi, inhibitori kolinesteraze, pank- reasna lipaza /Antioxidants, cholinesterase inhibitors, pan- creatic lipase
Timijan /Thyme (<i>Thymus vulgaris</i>)	Cijela biljka/ Whole plant	P-cimen, mircen, borneol, linalol /P-Cymene, myrcene, borneol, linalool	Stimulans probave, apetit, antivirusno, anti- bakterijsko /Digestion stimulant, appetite, antiviral, anti- bacterial
Đumbir /Ginger (<i>Zingiber officinale</i>)	Podanak /Rhizome	Kamfen, β-bisabolen, arkurkumen /Camphene, β-bisabolene, arcurcumene	Probavni stimulator, smanjuje metan /Gastric stimulant, methane reducing

okus te mikrobiološka sigurnost. Fitogeni dodaci u hranidbi životinja mogu utjecati na sve ove karakteristike kroz različite mehanizme, što potvrđuju istraživanja provedena tijekom posljednjih desetljeća. Brojni autori pokazuju kako fitogeni dodaci mogu djelovati na metabolizam lipida kod životinja te utjecati na ukupnu količinu intramuskularne masti, pri čemu je smanjenje udjela zasićenih masnih kiselina uz povećanje udjela polinezasićenih masnih kiselina (PUFA) važan nutricionistički cilj jer povoljnije djeluje na ljudsko zdravlje (FAO, 2016.). Fitogeni spojevi, posebice polifenoli i saponini, mogu pospješiti takve promjene utjecajem na enzime uključene u lipogenezu i oksidaciju masti (Francis i sur., 2002.). Nadalje, fitogeni dodaci mogu izravno utjecati na sastav masnih kiselina u mesu, pa su primjerice kod svinjskog i pilećeg mesa dodaci na bazi ružmarina, kadulje i origana povezani s povećanjem udjela PUFA te smanjenjem omjera n-6/n-3 masnih kiselina, što ima važan nutricionistički značaj jer niži n-6/n-3 omjer smanjuje rizik od kardiovaskularnih bolesti kod ljudi (Hanczakowska i sur., 2015.; Alagawany i sur., 2018.). Lipidna oksidacija predstavlja jedan od ključnih procesa koji negativno utječu na kvalitetu mesa zbog kvarenja okusa, pojave nepoželjnih mirisa i promjene boje, dok fitogeni ekstrakti s visokim sadržajem antioksidansa, poput ružmarina ili origana, mogu značajno smanjiti lipidnu peroksidaciju u mišićnom tkivu, produžiti trajnost mesa i očuvati njegovu senzorsku prihvatljivost (Nieto i Ros, 2017.). Boja mesa važan je pokazatelj svježine i kvalitete u percepciji potrošača, pri čemu antioksidansi iz fitogenih pripravaka stabiliziraju miogloblin i smanjuju oksidaciju pigmenata, čime se odgađa posmeđivanje mesa (Obianwuna i sur., 2024.). Osim toga, fitogeni dodaci mogu posredno utjecati na teksturu mesa jer poboljšavaju opće zdravstveno stanje životinja i sprječavaju stresne reakcije koje dovode do pojave tamnog, čvrstog i suhog (TČS) ili blijedog, mekanog i vodnjikavog (BMV) mesa. Fitogeni pripravci, posebice oni koji sadrže eterična ulja, mogu modificirati aromatski profil mesa budući da se aromatične molekule mogu djelomično deponirati u mišićnom tkivu te prenijeti specifične arome potrošaču, što može biti poželjno ako su arome ugodne, ali u previsokim koncentracijama može rezultirati preintenzivnim biljnim okusom (Greathead, 2003.). Stoga je važna njihova pažljiva formulacija i doziranje. U pogledu mikrobiološke sigurnosti, fitogeni dodaci djeluju neizravno putem pozitivnog utjecaja

na crijevnu mikrofloru i smanjenja kolonizacije patogenim bakterijama kod živih životinja; fitogeni spojevi dokazano suzbijaju razvoj *Salmonella* spp., *Campylobacter* i drugih zoonotskih bakterija u probavnom sustavu, čime se smanjuje rizik od kontaminacije mesa tijekom klaoničke obrade (FAO, 2016.; EFSA, 2024.).

Primjena fitogenih dodataka u različitim vrstama životinja

Peradarstvo predstavlja jedan od najintenzivnijih sektora animalne proizvodnje, u kojem je pritisak na smanjenje uporabe antibiotika posebno izražen. Fitogeni dodaci u hranidbi peradi najviše se istražuju zbog svog pozitivnog učinka na zdravlje crijeva i otpornost na patogene, ali i zbog potencijala za poboljšanje kvalitete mesa (Alagawany i sur., 2018.). Dodaci na bazi origana, ružmarina, timijana ili klinčića, bogati fenolnim spojevima i eteričnim uljima, pokazuju antioksidativno djelovanje u mišićnom tkivu pilića, čime sprječavaju oksidaciju lipida te očuvaju boju i okus mesa tijekom skladištenja (Windisch i sur., 2008.; Obianwuna i sur., 2024.). Istodobno, ovi fitogeni spojevi mogu smanjiti rizik od kolonizacije crijeva bakterijama *Salmonella* spp. ili *Campylobacter* spp. što povećava mikrobiološku sigurnost mesa (FAO, 2020.). Osim toga, pokazano je da dodaci ružmarina i timijana pozitivno utječu na profil masnih kiselina pilećeg mesa, povećavajući udio polinezasićenih masnih kiselina, što doprinosi boljoj nutritivnoj vrijednosti proizvoda (Hanczakowska i sur., 2015.).

U svinjogojstvu su fitogeni dodaci posebno zanimljivi u fazi odbića, kada je povećana učestalost proljeva i pad imuniteta. Primjena pripravaka s češnjakom, origanom ili ružmarinom smanjuje prevalenciju crijevnih patogena i stabilizira mikrobiotu, što se povoljno odražava na rast i konverziju hrane (Windisch i sur., 2008.; Francis i sur., 2002.). Što se tiče kvalitete mesa, istraživanja potvrđuju da fitogeni dodaci mogu poboljšati oksidacijsku stabilnost svinjskog mesa, smanjiti količinu zasićenih masnih kiselina i povećati udio polinezasićenih masnih kiselina, čime se dobiva nutritivno povoljniji proizvod za potrošača (Hanczakowska i sur., 2015.). Također, pojedini spojevi iz biljaka mogu djelovati na enzimsku aktivnost povezanu s metabolizmom kolesterola, što može rezultirati nižim sadržajem kolesterola u svinjskom i mesu peradi, što je dodatna prednost u smislu javno zdravstvenog statusa stanovništva

(Francis i sur., 2002., Botsoglou i sur., 2002.).

U hranidbi preživača fitogeni dodaci sve se intenzivnije istražuju zbog njihovog učinka na fermentaciju u buragu i smanjenje emisije metana, ali i zbog potencijalnog utjecaja na kvalitetu mesa. Dodaci poput ružmarina, klinčića i eukaliptusa pokazuju sposobnost smanjenja oksidacije lipida u mesu janjadi, čime se produžuje trajnost proizvoda i očuva boja tijekom skladištenja (Nieto i Ros, 2017.). Također se ispituje može li se profil masnih kiselina u mesu preživača modificirati primjenom fitogenih ekstrakata koji selektivno djeluju na mikrobnu populaciju buraga i metabolizam masti, pri čemu su u nekim pokusima zabilježeni povoljniji omjeri n-6/n-3 masnih kiselina, što ima pozitivan učinak na prehranbenu vrijednost mesa za ljudsku konzumaciju (Kholif i sur., 2021.).

Rizici, ograničenja i regulatorni aspekti

Iako su fitogeni dodaci često percipirani kao prirodni i stoga sigurni, njihova primjena nije bez potencijalnih ograničenja i rizika. Jedan od glavnih izazova u komercijalnoj primjeni ovih dodataka jest kemijska varijabilnost, budući da koncentracija aktivnih spojeva u biljkama ovisi o genotipu, fazi berbe, klimatskim i pedološkim uvjetima te načinu sušenja i skladištenja, što može rezultirati različitim biološkim učincima čak i kada se formalno koristi ista biljka ili ekstrakt (Franz i sur., 2010.). Zbog toga je nužna standardizacija sadržaja ključnih aktivnih tvari, što podrazumijeva dodatne troškove i tehničke zahtjeve za proizvođače.

Nadalje, iako se fitogeni dodaci smatraju sigurnijima od sintetskih aditiva, visoke koncentracije eteričnih ulja ili fitogenih ekstrakata mogu izazvati iritacije probavnog sustava, hepatotoksičnost ili negativno utjecati na apetit životinja, pri čemu su primjerice previsoke doze timola i karvakrola kod peradi povezane sa smanjenim unosom hrane zbog intenzivnog okusa i mirisa (EFSA, 2024; Windisch i sur., 2008). Zbog kompleksne fitokemijske matrice, fitogeni dodaci mogu potencijalno interferirati s lijekovima, poput kokcidostatika, te probiotičima ili mineralnim dodacima, pa je potrebno pažljivo pratiti moguće sinergijske i antagonističke učinke (European Commission, 2003.).

U regulatornom smislu, unutar Europske unije fitogeni dodaci ulaze u sustav regulative za aditive za hranu za životinje, definirani Uredbom (EU) 1831/2003 i dopunjeni uredbama poput (EU) 429/2008 i 2019/1381 (European Commission). Svi

aditivi moraju proći procjenu sigurnosti i učinkovitosti, uključujući toksikološke podatke, tehnološke karakteristike i potencijalni rizik za zdravlje ljudi kroz rezidue u mesu (EFSA, 2024.). U nekim državama članicama Europske unije postoje i nacionalni pravilnici koji dodatno reguliraju maksimalno dozvoljene količine eteričnih ulja i fitogenih ekstrakata, ovisno o vrsti životinje i planiranoj namjeni, pri čemu se aromatski dodaci najčešće svrstavaju u kategoriju senzorskih aditiva, dok se ekstrakti sa specifičnim učinkom na crijevnu mikrofloru klasificiraju kao zootehnički dodaci (European Commission, 2003.). Valja također istaknuti da standardizirani fitogeni pripravci imaju znatno višu cijenu od uobičajenih vitaminsko-mineralnih dodataka, pa njihova ekonomska isplativost u proizvodnim sustavima još uvijek nije u potpunosti razjašnjena. To se posebno odnosi na velike farme s minimalnim profitnim maržama gdje cijena takvih pripravaka može predstavljati prepreku široj primjeni, osim ako potrošači nisu spremni platiti više za proizvode označene kao „prirodni“ ili „bez-antibiotika“ (FAO, 2016.).

Perspektive i budući smjerovi istraživanja

Unatoč određenim ograničenjima, fitogeni dodaci imaju značajan potencijal kao sastavni dio održivih strategija u stočarstvu. Razlozi za takav trend su višestruki, uključujući rastući interes potrošača za „prirodnim“ i „bez-antibiotskim“ proizvodima, regulatorni pritisak na smanjenje uporabe antibiotika u prehranbenom lancu te globalne ciljeve smanjenja negativnog utjecaja poljoprivrede na okoliš, primjerice u okviru klimatske neutralnosti. U tom kontekstu fitogeni dodaci mogu predstavljati važan alat ne samo za očuvanje zdravlja životinja, već i za poboljšanje kvalitete mesa, što obuhvaća stabilniji profil masnih kiselina, bolju oksidacijsku stabilnost, povoljniji senzorski profil te manji rizik od kontaminacije patogenima.

Perspektivno područje istraživanja odnosi se na kombinacije fitogenih dodataka s probiotičima i prebiotičima, takozvane sinbiotike, koji bi mogli dodatno pojačati pozitivne učinke na mikrobiotu životinja i doprinijeti većoj stabilnosti probavnog sustava, čime bi se osigurala još bolja kvaliteta mesa i viša sigurnost proizvoda (Obianwuna i sur., 2024.). Nadalje, korištenje naprednih tehnologija kao što su metagenomika, proteomika i metabolomika otvara mogućnost dubljeg razumijevanja interakcija između fitogenih spojeva i životinjskog organizma,

stoga bi se budući znanstveni radovi trebali usmjeriti na standardizaciju analiza bioaktivnih spojeva u biljkama, optimizaciju doza u različitim proizvodnim sustavima te na procjenu dugoročnih učinaka na zdravlje životinja i ljudi. Europska agencija za sigurnost hrane (EFSA) i Europska komisija već su naglasile važnost znanstvenih dokaza za donošenje regulatornih propisa, stoga su takva istraživanja ključna kako bi se omogućila šira i zakonito utemeljena primjena fitogenih dodataka u stočarskoj proizvodnji (EFSA, 2024.; European Commission, 2003.).

Zaključak

Fitogeni dodaci u hranidbi domaćih životinja danas predstavljaju obećavajuću strategiju za smanjenje uporabe antibiotika, unapređenje zdravlja životinja te poboljšanje kakvoće mesa. Njihova antimikrobna, antioksidativna i imunomodulacijska

svojstva mogu poboljšati lipidni profil mesa povećanjem udjela korisnih nezasićenih masnih kiselina, poput omega-3 i omega-6, dok istovremeno smanjuje udio zasićenih masti i kolesterola, pozitivno utječu na stabilnost lipida, senzorska svojstva te mikrobiološku sigurnost proizvoda. Unatoč navedenim prednostima, potrebno je uvažiti i potencijalne rizike, uključujući varijabilnost sastava fitogenih dodataka, moguće interakcije s drugim aditivima te ekonomsku neisplativost u određenim sustavima proizvodnje. Stoga bi daljnji razvoj u ovom području trebao obuhvatiti preciznu standardizaciju aktivnih komponenti, provedbu detaljnih toksikoloških ispitivanja te jasno definirane regulatorne smjernice, kako bi se omogućila šira i sigurnija primjena fitogenih dodataka kao dijela održivih stočarskih sustava usmjerenih na proizvodnju zdravstveno sigurne i kvalitetne hrane.

Literatura

- [1] Alagawany, M., M.E. Abd El-Hack, M.R. Farag, H.M. Shaheen, M.A. Abdel-Latif, A.E. Noreldin, A.K. Patra (2018): The usefulness of oregano and its derivatives in poultry nutrition. *World's Poultry Science Journal*, 74(3), 463-474. <https://doi.org/10.1017/S0043933918000454>
- [2] Balasundram, N., K. Sundram, S. Samman (2006): Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chemistry*, 99(1), 191-203. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.07.042>
- [3] Botsoglou, N. A., P. Florou-Paneri, E. Christaki, D.J. Fletouris, A.B. Spais (2002): Effect of dietary oregano essential oil on performance of chickens and on iron-induced lipid oxidation of breast, thigh and abdominal fat tissues. *British Poultry Science*, 43(2), 223-230. <https://doi.org/10.1080/00071660120121436>
- [4] Burt, S. (2004): Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods – a review. *International Journal of Food Microbiology*, 94(3), 223-253. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.022>
- [5] EFSA (2024): Guidance on the assessment of the efficacy of feed additives. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2024.8856>
- [6] European Commission (2003): Animal feed - feed additives legislation. https://food.ec.europa.eu/food-safety/animal-feed/feed-additives/legislation-feed-additives_en
- [7] FAO (2016): Probiotics in animal nutrition. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/2fda2226-b000-4cee-8186-8cacab86316b/content>
- [8] Francis, G., Z. Kerem, H.P.S. Makkar, K. Becker (2002): The biological action of saponins in animal systems: a review. *British Journal of Nutrition*, 88(6), 587-605. <https://doi.org/10.1079/BJN2002725>
- [9] Franz, C., K.H.C. Baser, W. Windisch (2010): Essential oils and aromatic plants in animal feeding – a European perspective. A review. *Flavour and Fragrance Journal*, 25(5), 327-340. <https://doi.org/10.1002/ffj.1967>
- [10] Greathead, H. (2003): Plants and plant extracts for improving animal productivity. *Proceedings of the Nutrition Society*, 62(2), 279-290. <https://doi.org/10.1079/PNS2002197>
- [11] Hanczakowska, E., M. Świątkiewicz, E.R. Grela (2015): Effect of dietary inclusion of a herbal extract mixture and different oils on pig performance and meat quality. *Meat Science*, 108, 61-66. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.05.020>
- [12] Kholif A.E., U.Y. Anele, A.K. Patra, Z. Varadyova (2021): Editorial: The Use of Phytogenic Feed Additives to Enhance Productivity and Health in Ruminants. *Front Vet Sci*. 2021 May 4;8:685262. doi: 10.3389/fvets.2021.685262.
- [13] Nieto, G., G. Ros (2017): Dietary administration of animal diets with aromatic and medicinal plants: influence on meat quality. In *Active Ingredients from Aromatic and Medicinal Plants* (pp. 1-15). Intechopen. <https://www.intechopen.com/chapters/53685>
- [14] Obianwuna, U.E., X. Chang, V.U. Oleforuh-Okoleh, P.N. Onu, H. Zhang, K. Qiu, S. Wu (2024): Phytobiotics in poultry: revolutionizing broiler chicken nutrition with plant-derived gut health enhancers. *J Animal Sci Biotechnol*, 15, 169. <https://doi.org/10.1186/s40104-024-01101-9>
- [15] Windisch, W., K. Schedle, C. Plitzner, A. Kroismayr (2008): Use of phytogenic products as feed additives for swine and poultry. *Journal of Animal Science*, 86(14_suppl), E140-E148. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0459>

Phytogetic Feed Additives in Animal Nutrition and Their Impact on Meat Quality

Abstract

Phytogetic feed additives in animal nutrition are increasingly seen as a promising alternative to synthetic additives and antibiotics in modern livestock production. Thanks to a broad spectrum of bioactive compounds with antioxidant, antimicrobial and immunomodulatory properties, these additives can positively influence animal health and contribute to improved meat quality. The most important aspects include reducing lipid oxidation, stabilization and modification of the fatty acid profile while simultaneously reducing saturated fatty acids and cholesterol, preserving the color, flavor and texture of the meat and improving its microbiological safety. The use of phytogetic additives in poultry, pig and ruminant production has shown positive effects on stabilizing the gut microbiota and reducing the prevalence of pathogens, which translates into improved hygienic meat quality. However, their wider application has certain limitations. These include chemical variability, potential toxic effects at high doses, possible interactions with other feed additives and the higher cost of standardized preparations. The European Union regulatory framework of the European Union requires a clear scientific basis for the authorization of such additives, including safety and efficacy evaluations. Future research should focus on optimizing dosages, standardizing active ingredients, and exploring potential synergies with probiotics and prebiotics to ensure effective and safe use of phytogetic additives to improve meat quality.

Keywords: phytogetic feed additives, meat quality, animal nutrition

Phytogene Futtermittelzusatzstoffe in der Tierernährung und ihre Auswirkungen auf die Fleischqualität

Zusammenfassung

Phytogene Futtermittelzusatzstoffe in der Tierernährung werden zunehmend als vielversprechende Alternative zu synthetischen Zusatzstoffen und Antibiotika in der modernen Viehzucht angesehen. Dank eines breiten Spektrums bioaktiver Verbindungen mit antioxidativen, antimikrobiellen und immunmodulatorischen Eigenschaften können diese Zusatzstoffe die Tiergesundheit positiv beeinflussen und zu einer verbesserten Fleischqualität beitragen. Zu den wichtigsten Aspekten gehören die Verringerung der Lipidoxidation, die Stabilisierung und Veränderung des Fettsäureprofils bei gleichzeitiger Verringerung der gesättigten Fettsäuren und des Cholesterins, die Erhaltung von Farbe, Geschmack und Textur des Fleisches sowie die Verbesserung der mikrobiologischen Sicherheit. Die Verwendung phytogener Zusatzstoffe in der Geflügel-, Schweine- und Wiederkäuerproduktion hat positive Auswirkungen auf die Stabilisierung der Darmmikrobiota und die Verringerung der Prävalenz von Krankheitserregern gezeigt, was sich in einer verbesserten hygienischen Fleischqualität niederschlägt. Ihre breitere Anwendung ist jedoch mit gewissen Einschränkungen verbunden. Dazu gehören die chemische Variabilität, potenzielle toxische Wirkungen bei hohen Dosen, mögliche Wechselwirkungen mit anderen Futtermittelzusatzstoffen und die höheren Kosten für standardisierte Präparate. Der Rechtsrahmen der Europäischen Union verlangt eine klare wissenschaftliche Grundlage für die Zulassung solcher Zusatzstoffe, einschließlich Sicherheits- und Wirksamkeitsbewertungen. Die künftige Forschung sollte sich auf die Optimierung der Dosierung, die Standardisierung der Wirkstoffe und die Erforschung möglicher Synergien mit Probiotika und Präbiotika konzentrieren, um eine wirksame und sichere Verwendung phytogener Zusatzstoffe zur Verbesserung der Fleischqualität zu gewährleisten.

Schlüsselwörter: phytogene Futtermittelzusatzstoffe, Fleischqualität, Tierernährung

Aditivos fitogénicos en la nutrición animal y su impacto en la calidad de la carne

Resumen

Los aditivos fitogénicos en la nutrición animal se están consolidando como una alternativa prometedora a los aditivos sintéticos y a los antibióticos en la producción ganadera moderna. Gracias a su amplio espectro de compuestos bioactivos con propiedades antioxidantes, antimicrobianas e inmunomoduladoras, estos aditivos pueden influir positivamente en la salud animal y contribuir a una mejora en la calidad de la carne. Los aspectos más relevantes incluyen la reducción de la oxidación lipídica, la estabilización y modificación del perfil de ácidos grasos —disminuyendo simultáneamente los ácidos grasos saturados y el colesterol—, así como la preservación del color, el sabor y la textura de la carne, y la mejora de su inocuidad microbiológica. El uso de aditivos fitogénicos en la producción de aves, porcinos y rumiantes ha demostrado efectos positivos en la estabilización de la microbiota intestinal y en la reducción de la prevalencia de patógenos, lo que se traduce en una mejora de la calidad higiénico-sanitaria de la carne. Sin embargo, su aplicación a gran escala presenta ciertas limitaciones, como la variabilidad química de los extractos, posibles efectos tóxicos a dosis elevadas, interacciones con otros aditivos nutricionales, y el mayor costo de las formulaciones estandarizadas. El marco regulatorio de la Unión Europea exige una base científica sólida para la autorización de este tipo de aditivos, incluyendo evaluaciones rigurosas de seguridad y eficacia. Las investigaciones futuras deben centrarse en la optimización de las dosis, la estandarización de los principios activos y la exploración de sinergias con probióticos y prebióticos, con el objetivo de garantizar un uso eficaz y seguro de los aditivos fitogénicos para mejorar la calidad de la carne.

Palabras claves: aditivos fitogénicos, calidad de la carne, nutrición animal

Preparati fitogeni nell'alimentazione animale e il loro impatto sulla qualità della carne

Riassunto

I preparati fitogeni nell'alimentazione animale sono sempre più considerati un'alternativa promettente agli additivi sintetici e agli antibiotici nella moderna produzione zootecnica. Grazie all'ampio spettro di composti bioattivi con proprietà antiossidanti, antimicrobiche e immunomodulanti, questi supplementi possono influenzare positivamente la salute degli animali e contribuire al miglioramento della qualità della carne. Gli aspetti chiave includono la riduzione dell'ossidazione lipidica, la stabilizzazione e la modifica del profilo degli acidi grassi (con una contemporanea diminuzione degli acidi grassi saturi e del colesterolo), la conservazione del colore, dell'aroma e della consistenza della carne, nonché l'aumento della sicurezza microbiologica. L'impiego di additivi vegetali in avicoltura, suinocoltura e nell'allevamento dei ruminanti ha dimostrato un effetto favorevole sulla stabilità della microflora intestinale e una riduzione della prevalenza di patogeni, riflettendosi positivamente anche sulla qualità igienica della carne. Tuttavia, il loro utilizzo su larga scala presenta alcuni limiti, tra cui la variabilità chimica, i potenziali effetti tossici a dosi elevate, possibili interazioni con altri additivi e il costo più elevato dei preparati standardizzati. La normativa dell'Unione Europea richiede solide basi scientifiche per l'approvazione di tali additivi, comprese la valutazione della sicurezza e dell'efficacia. Le future ricerche dovrebbero concentrarsi sull'ottimizzazione dei dosaggi, sulla standardizzazione dei principi attivi e sulle potenziali sinergie con probiotici e prebiotici, al fine di garantire un impiego efficace e sicuro degli additivi vegetali nel miglioramento della qualità della carne.

Parole chiave: preparati fitogeni, qualità della carne, alimentazione animale