

Nutritivna vrednost polena i njen uticaj na zdravlje i vitalnost pčelinje zajednice

Uvod

Polen predstavlja glavni izvor proteina, lipida, vitamina i minerala neophodnih za rast i razvoj pčela (legla i odraslih) mdpi.com/journals.plos.org. Kao jedini prirodni izvor esencijalnih aminokiselina i proteina u ishrani medonosnih pčela, polen je ključan za proizvodnju pčelinjeg mleča u hipofaringealnim žlezdama pčela hraniteljica, koji obezbeđuje visokokaloričnu i bogatu sastavom hranu za larve i mlade pčele mdpi.com/journals.plos.org. U današnje vreme, intenzivna poljoprivreda i promene u pejzažu (monokulture, široka upotreba pesticida, klimatske promene) smanjuju raznolikost paša i kvalitet polena. Ovakve promene mogu dovesti do ishrane siromašne kvalitetnim hranljivim materijama, što je prepoznat kao jedan od ključnih faktora ugrožavanja vitalnosti pčelinjih zajednica.

Ciljevi rada

Cilj ove studije je detaljno istražiti nutritivne sastojke polena i uticaj njihove raznovrsnosti na zdravlje pčelinje zajednice. Posebno su analizirani sledeći aspekti: (1) biohemijski sastav polena (proteini, lipidi, ugljeni hidrati, vitamini, minerali, enzimi, aminokiseline); (2) značaj unosa polena za razvoj legla i imuni sistem pčela; (3) varijacije nutritivne vrednosti polena kod različitih biljnih vrsta; (4) uticaj savremenih poljoprivrednih praksi (monokultura, upotreba pesticida, klimatske promene) na kvalitet polena; (5) posledice siromašne ishrane na otpornost i dugovečnost pčelinje zajednice; (6) praktične preporuke za pčelare kako bi obezbedili optimalnu ishranu pčela.

Metodologija

Analiza je zasnovana na sveobuhvatnom pregledu relevantnih naučnih publikacija, uključujući objavljene radove u međunarodnim časopisima i aktuelne studije. Posebna pažnja posvećena je istraživanjima objavljenim u stručnim časopisima kao što su *Biology Letters*, *PLOS ONE*, *Frontiers in Plant Science* i *Insects*. Informacije iz ovih studija (npr. Alaux et al. 2010; Di Pasquale et al. 2013; Vaudo et al. 2020; Husband et al. 2025; Güneşdoğdu et al. 2024; Manzer & Steffan-Dewenter 2025) korišćene su za formulisane zaključaka i preporuka. Takođe su korišćeni relevantni pregledni članci i regionalne publikacije kako bi se obuhvatio aktuelni kontekst i prakse u pčelarstvu.

Biohemijski sastav polena

Polen je kompleksna mešavina nutrijenata. Uglavnom čine proteini i aminokiseline, koji čine od 2,5% do čak 61% suve materije polena mdpi.com. Pored toga, polen sadrži značajne količine lipida (1–13% suve materije), ugljenih hidrata (13–55%), vlakana (0,3–20%) i pepela

(mineralnih materija)mdpi.com/journals/plos.org. U polenu su zastupljeni i brojne esencijalne aminokiseline (npr. arginin, histidin, lizin, triptofan, fenilalanin, metionin, treonin, leucin, izoleucin, valin), kao i vitamini (kompleks B, vitamina C, D, E, K, karotenoidi) i minerali (Mg, Ca, K, Na, Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, itd.)mdpi.com/journals/plos.org. Vitamini i minerali iz polena omogućavaju pčelama sintezu enzima, feromona i biohemijskih katalizatora neophodnih za metabolizam, dok vitamini (npr. vitamini B-grupe, C, D, E, karotenoidi) doprinose opštem zdravlju i antioksidativnoj zaštiti pčelamdpi.com/journals/plos.org. Proteini polena pčele koriste za rast i obnovu tkiva, razvoj hipofaringealnih i mandibularnih žlezda i kao gradivne blokove za leglo, dok lipidi (ulja i steroli) služe za dodatnu energiju i izgradnju ćelijskih membrana. Ugljeni hidrati iz polena (preko meda i nektara) su primarni energent, ali u samom polenu mogu biti prisutni u vidu skroba i šećera.

Značaj unosa polena za razvoj legla i imuni sistem

Pollen ishrana je presudna za plodnost i razvoj larvi. Larva pčele zahteva oko 25–37,5 mg proteina da bi se u potpunosti razvila, što odgovara približno 125–187,5 mg suvog polenamdpi.com. To pokazuje da je polen jedini neophodni izvor proteina za ishranu legla. Pčele hraniteljice prerađuju uneti polen u pčelinji mleč (royal jelly) bogat proteinima, kojim hrane larve i maticu. Nedostatak polena usporava razvoj larvi i može smanjiti veličinu legla. Štaviše, kvalitet ishrane odražava se i na imunološku sposobnost pčelinje zajednice: obezbeđivanje proteina visokog kvaliteta i raznolike mešavine polena poboljšava imunski status kolonije. Na primer, ishrana s više biljnih vrsta polena (poliflorni sastav) povećava aktivnost enzima uključenih u imunitet (npr. glukoooksidaza) u odnosu na jednovrsni (monoflorni) polenpubmed.ncbi.nlm.nih.gov. Dodatno, dijeta bogata visokokvalitetnim proteinima pokazala je povoljan uticaj na imunitet pčela i otpornost na parazitepubmed.ncbi.nlm.nih.gov/eureka/alert.org. U uslovima slabe ishrane polenom, pčele razvijaju manje razvijene hipofaringealne žlezde i niži nivo vitelogenina, što vodi ranijoj satijaciji u geriji (prelazak u status skupitelja) i slabijoj imunološkoj funkciji.

Varijacije nutritivne vrednosti među biljkama

Nutritivni sastav polena znatno varira među biljnim vrstama. Analize pokazuju da sadržaj proteina u polenu može biti izuzetno raznolik – u opsegu od nekoliko procenata do preko 50%mdpi.com. Na primer, u jednom istraživanju sveže prikupljen polen od aloe vera sadržao je oko 51% proteina, dok je polen suncokreta imao oko 26% proteinaresearchgate.net. U Evropi su značajne razlike zabeležene i među kulturama: npr. polen žutog uljane repice ili facelije obično sadrži oko 27% proteina, dok je kod biljke bokvice (buckwheat) samo oko 11%researchgate.net. Slično, sadržaj lipida, vitamina i minerala u polenu zavisi od biljke: neka cvetna vrsta može biti bogata određenim aminokiselinama ili vitaminima koje drugoj nedostaju. Zbog toga pčele prirodno kombinuju polen različitih biljaka (poliflorni sastav) kako bi obezbedile balans svih potrebnih nutrijenata za kolonijuresearchgate.net.

Uticaj savremenih praksi na kvalitet polena

Savremene poljoprivredne i ekološke promene značajno utiču na dostupnost i kvalitet polena. Monokulture (nasadi jedne vrste) obezbeđuju obilne paše u kratkom periodu, ali one su nutritivno jednolične i ne zadovoljavaju potrebe kolonije tokom cele sezone. Međunarodne studije ističu da **monodijete** – kada pčele koriste samo jedan izvor polena – nisu balansirane i da društvo traži raznoliku paletu biljaka kako bi „dopunilo” nedostatke u pojedinačnim vrstama. Moderni intenzivni sistemi uzgoja (uz zatvorene trave prelaze u velike useve, hemijska zaštita) dovode i do širenja pesticida u polenu. Lateks u istraživanju Univerziteta u Würzburgu primetio je da pčele pri nedostatku cveta (krajem leta) mogu da sakupljaju polen koji je kontaminiran ostacima pesticida eurekalert.org. Ovakvo „dvostruko opterećenje” – siromašna ishrana plus pesticidi – čini pčele podložnijim infekcijama i stresu eurekalert.org eurekalert.org. Konačno, klimatske promene menjaju fenologiju cvetanja biljaka i njihovo geografsko rasprostranjenje journals.plos.org. To može dovesti do vremenskih pomeranja cvetanja, neusklađenosti pojave legla i raspoloživih paša, te dodatno narušiti kvalitet ishrane pčela i ranjivost kolonija na promene sredine.

Posledice siromašne ishrane na vitalnost zajednice

Nedostatak kvalitetnog polena u ishrani pčela utiče na ključne faktore vitalnosti kolonije. Prvo, smanjuje se sinteza *vitelogenina* – glavnog skladišnog proteina u hemolimfi pčela – koji je povezan sa izvorima proteina iz polena. Istraživanja su pokazala da je sinteza vitelogenina direktno zavisna od raspoloživosti i kvaliteta polena mdpi.com. Niži nivoi vitelogenina dovode do promena u ponašanju pčela (ranije prelaze u forager-fazu) i kraćeg životnog veka jedinki. Zbog toga, pčele sa siromašnom ishranom ranije stare i imaju slabiji imunitet. Drugo, kao posledica neuravnotežene ishrane pogoršava se funkcija imunog sistema cele zajednice. Eksperimentalni radovi su pokazali da pčele na dijeti sa manjom količinom i raznovrsnošću proteina imaju smanjenu sposobnost odbrane od patogena i nižu aktivnost enzimskih zaštitnih sistema. Na primer, pčele koje su hranjene isključivo šećernim rastvorima bez dodatka polena značajno kraće žive nego one koje imaju adekvatan unos proteina mdpi.com/pubmed.ncbi.nlm.nih.gov. Ukratko, loša ishrana polenom smanjuje otpornost, vitalnost i dugovečnost pčelinje zajednice, čineći je podložnijom bolestima i stresovima.

Praktične preporuke za pčelare

- **Raznovrsnost paša:** Saditi i održavati razne polendajke duž paše. Posebno su korisne mahunarke (npr. stočna detelina, lucerka), cvetnice iz porodice Fabaceae (bagrem, lupiine, detelina) i druge medonosne biljke (kaćun, suncokret, lavanda, vrijesak). Ove biljke obiluju visokoproteinskim polenom i povećavaju širinu asortimana hranljivih materija. Studije sa DNK barcodingom su pokazale da pčele najčešće sakupljaju polen sa biljaka poput deteline, cvetova suncokreta i smilja eurekalert.org, što nagoveštava korisnost ovih kultura u planiranju paša. Sadnjom koridora i pojasa cvetnica, pčelari obezbeđuju raznovrsnu ponudu polena u različitim periodima godine.
- **Dodatna ishrana:** U periodima oskudne prirodne paše (ranog proleća i kasnog leta) obezbediti kolonijama proteinske dodatke. Mogu se davati komercijalni polenov prahovi ili proteinski pasti (na bazi soje, mlečnih proizvoda, jajeta). Ipak, napominjemo da pčele najefikasnije koriste prirodni polen; kao što Bryś i saradnici naglašavaju, zajednica je

najjača kada se hrani pravim pčelinjim polenom, za razliku od veštačkih proteinskih dijeta [researchgate.net](https://www.researchgate.net). Preporučljivo je pratiti stanje legla i korišćenje dodatnih zamena za polen, te obezbediti pčelama svežu hranu dok traje proizvodnja maticne hrane.

- **Praćenje cvetanja i plodoređa:** Voditi evidenciju kada koje biljke cvetaju u blizini košnica i prilagođavati raspored košnica prema aktuelnoj paši. Na taj način se može izbeći period potpunog nedostatka polena. Kretanje košnica uz prolećne paše (bagrem, šljivik, voćnjaci) i letnje paše (lipova, smilje, maslačak) će obezbediti kontinuiranu ishranu. Takođe, izbegavati tretiranje blizu košnica pesticideima u periodu cvetanja i koristiti metodu nektarine ili okvir sa šarom kako bi se pratio udeo prikupljenog polena.
- **Održavanje zdravlja zajednice:** Redovno proveravati nivo vitelogenina i razvoja hipofaringealnih žlezda (npr. putem merenja mase glave mladih pčela) kao pokazatelje nutritivnog statusa, i preduzimati korektivne mere kada su ti indikatori niski. Zdravu i hranjenu zajednicu lakše je održavati zdravom i otpornom na bolesti i parazite.

Zaključak

Polen kao osnovni hranljivi resurs ključan je za razvoj legla i očuvanje otpornosti pčelinje zajednice. Analiza pokazuje da bogat hemijski sastav polena (proteini, lipidi, vitamini, minerali i esencijalne aminokiseline) direktno utiče na proizvodnju mleča za larve, razvoj vitelogenina i imuni odgovor kolonije [mdpi.com](https://www.mdpi.com). Prehrana siromašna polenom dovodi do slabijeg razvoja legla, nižeg nivoa vitelogenina i kraće životne dobi pčela, čime se smanjuje vitalnost društva. Savremeni izazovi (monokulture, pesticidi, klimatske promene) dodatno pogoršavaju kvalitet ishrane polenom i ugrožavaju zdravlje pčela eurekaalert.org. Ključni nalaz je da raznolika i kvalitetna paša znatno jača kolonije – pčele imaju bolju otpornost, povećan nivo vitelogenina i duži životni vek kada imaju pristup proteinima visokog kvaliteta i raznovrsnog polena [mdpi.com](https://www.mdpi.com/researchgate.net). Stoga je uloga pčelara u očuvanju i unapređenju paša od presudnog značaja za zdravlje i dugovečnost pčelinjih zajednica.

Literatura

- Alaux C., Ducloz F., Crauser D., Le Conte Y. (2010) *Diet effects on honeybee immunocompetence*. Biol. Lett. 6(4): 562–565.
- Di Pasquale G., Salignon M., Le Conte Y., Belzunces L.P., Decourtye A., Kretzschmar A., Suchail S., Brunet J.-L., Alaux C. (2013) *Influence of Pollen Nutrition on Honey Bee Health: Do Pollen Quality and Diversity Matter?* PLoS ONE 8(8): e72016.
- Vaudo A.D., Tooker J.F., Patch H.M., Biddinger D.J., Coccia M., Crone M.K., Fiely M., Francis J.S., Hines H.M., Hodges M., Jackson S.W., Michez D., Mu J.P., Russo L., Safari M., Treanore E.D., Vanderplanck M., Yip E., Leonard A.S., Grozinger C.M. (2020) *Pollen Protein: Lipid Macronutrient Ratios May Guide Broad Patterns of Bee Species Floral Preferences*. Insects 11(2): 132.
- Bryś M.S., Strachecka A. (2024) *The Key Role of Amino Acids in Pollen Quality and Honey Bee Physiology – A Review*. Molecules 29(17): 2717.
- Güneşdoğdu M., Sarioğlu-Bozkurt A., Şekeroğlu A., Abacı S.H. (2024) *Changes in Vitellogenin, Abdominal Lipid Content, and Hypopharyngeal Gland Development in Honey Bees Fed Diets with Different Protein Sources*. Insects 15(4): 215.

- Husband S., Cankar K., Catrice O., Chabert S., Erler S. (2025) *A Guide to Sunflowers: Floral Resource Nutrition for Bee Health and Key Pollination Syndromes*. Front. Plant Sci. 16: 1552335. doi:10.3389/fpls.2025.1552335.
- Manzer S., Steffan-Dewenter I. (2025) *Effects of Annual Cropland and Season on Pollen Diversity and Pesticide Exposure in Honey Bee Colonies*. Agriculture, Ecosystems & Environment 344: 109987.