

# **Alge kao izvor bjelančevina u hranidbi domaćih životinja**

Algae as a Source of proteins in Domestic Animals' Feeding

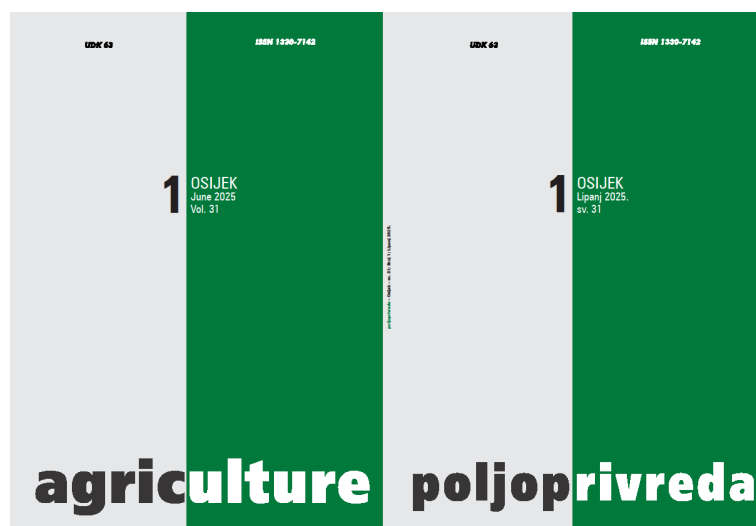
**Oroz, M., Prakatur, I., Pavić Vulinović, M., Pastuović, Lj.,  
Domaćinović, A., Aračić Grubač, A.**

**Poljoprivreda / Agriculture**

ISSN: 1848-8080 (Online)

ISSN: 1330-7142 (Print)

<https://doi.org/10.18047/poljo.31.1.9>



**Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Poljoprivredni institut Osijek**

Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Agricultural Institute Osijek

# ALGE KAO IZVOR BJELANČEVINA U HRANIDBI DOMAĆIH ŽIVOTINJA

Oroz, M. <sup>(1)</sup>, Prakatur, I. <sup>(1)</sup>, Pavić Vulinović, M. <sup>(2)</sup>, Pastuović, Lj. <sup>(1)</sup>, Domaćinović, A. <sup>(3)</sup>, Aračić Grubač, A. <sup>(4)</sup>

Pregledni znanstveni članak

Scientific review

## SAŽETAK:

*S obzirom na povećanje broja svjetskoga stanovništva i na moguć problem nestašice hrane u budućnosti, zadatak je struke pronaći način kako proizvesti dovoljno hrane, a istovremeno smanjiti opterećenje proizvodnje. Ciljevi su ovoga rada prikazati mogućnosti uporabe alga kao izvora bjelančevina u hranidbi domaćih životinja, s posebnim osvrtom na njihovu primjenu kod različitih vrsta životinja te prednostima i nedostacima njihove uporabe u suvremenoj hranidbi. Alge se sve više istražuju jer su izvor bjelančevina u hranidbi životinja te se od njih mogu dobiti razni organski spojevi, koji se potom mogu koristiti kao dodatak hrani za životinje. Većina alga dokazano pozitivno utječe na proizvodne pokazatelje domaćih životinja, na kvalitetu proizvoda te zdravlje i plodnost. Ipak, uza sve pozitivne strane koje alge nude, treba obratiti pozornost na njihovu toksičnost. Kod uključivanja alga u obroke domaćih životinja treba biti jasno definirano koje su dopuštene količine. Potrebno je detaljnije istražiti i ispitati djelovanje alga na preživače te monogastrične životinje s obzirom na to da je velika većina provedenih istraživanja bazirana na peradi. Uz napredak struke i tehnologije proizvodnje te obrade alga, može se očekivati njihovo opsežnije implementiranje u hranidbu domaćih životinja u budućnosti.*

**Ključne riječi:** alge, bjelančevine, hranidba, domaće životinje, održivost

## UVOD

U posljednjih nekoliko desetljeća uočen je trend povećanja broja svjetskoga stanovništva, te se postavlja pitanje hoće li kroz neko vrijeme biti dovoljno hrane na svjetskome tržištu. Prema pretpostavkama UN-a, do 2050. godine svjetska će populacija dosegnuti 9,7 milijardi ljudi, a da bi se zadovoljile njezine prehrambene potrebe, količina proizvedene hrane mora se udvostručiti (UN, 2024.). Povećanje broja stanovništva dovelo je do povećane poljoprivredne proizvodnje kako u ratarstvu, tako i u stočarstvu, pri čemu problem predstavlja ograničena površina za proizvodnju. Diljem svijeta razvijaju se različite strategije kako bi se problem moguće nestašice hrane izbjegao, a s obzirom na veliko zagađenje okoliša i klimatske promjene, s kojima se poljoprivredni proizvođači danas sve češće susreću, oni se sve više okreću održivom razvoju. Razvoj održivoga stočarstva te proizvodnja mesa i mlijeka zahtijeva odgovarajuće strategije, koje treba postići u cijelome svijetu radi podmirjenja potreba za hranom, odnosno zbog nedostatka hrane (Al-Mufarji i sur., 2022.). Uzimajući u obzir ograničene resurse obradi-

ve zemlje i svježe vode, porast broja stanovništva rezultirao je potrebom za alternativnim izvorima bjelančevina, a alge se kao takve ne natječu s tradicionalnim usjevima za prostor te resurse vode i tla. Uz problem resursa, sve se više ističe problem konkurentnosti između hrane za ljude i životinje, i to osobito u posljednje vrijeme, u kojem su potrošači postali osvješteniji o tome što konzumiraju. Sve veća potražnja za bjelančevinastom hranom kod ljudi rezultirala je potrebom za novim krmivima, koja osiguravaju siguran izvor hranjivih tvari za životinje (Świątkiewicz i sur., 2015.). Alternativni izvori bjelančevina te metode njihove proizvodnje potrebni su kako bi se zadovoljila veća potražnja potrošača te kako bi se ispunila

(1) Izv. prof. dr. sc. Ivana Prakatur (iprakatur@fazos.hr), Mihaela Oroz, Ljubica Pastuović, dipl. ing. preh. teh., Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Vladimira Preloga 1, 31000 Osijek, Hrvatska, (2) doc. dr. sc. Mirela Pavić Vulinović, Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Heinzelova 55, 10000 Zagreb, Hrvatska, (3) Ana Domaćinović, dipl. ing. preh. teh., Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno tehnološki fakultet Osijek, Franje Kuhača 18, 31000 Osijek, Hrvatska, (4) Ana Aračić Grubač, dr. med. vet., Hrvatski veterinarski institut, Veterinarski zavod Vinkovci, Josipa Kozarca 24, 32100, Vinkovci

predviđena globalna potreba za bjelančevinama (Bleakley i Hayes, 2017.). Alge mogu postati alternativni sastojak, jer je, osim što mogu osigurati dovoljno hranjivih tvari, njihova proizvodnja jednostavna, te su isplative za upotrebu kao dodatak stočnoj hrani. Alge su izvor vitamina i minerala, pa mogu poslužiti i u stvaranju funkcionalne hrane (Dineshbabu i sur., 2019.). Alge nisu nepoznanica, te se u nekim zemljama u prehrani ljudi koriste već dugi niz godina. Korištenje mikroalga kao dodatka hrani trenutno se prakticira u mnogim azijskim zemljama. Sve veći interes za korištenje mikroalga kao hrane za životinje doveo je do porasta istraživačkih aktivnosti u ovome području. Mikroalge su prepoznate kao izvor nutraceutika i prirodnih bojila, te se može očekivati da će nadmašiti upotrebu sintetskih dodataka zbog svoje održivosti proizvodnje te sposobnosti regeneracije u prirodi (Sousa i sur., 2008.).

Alge su autotrofni primarni proizvođači i klasificiraju se u dvije skupine: mikroalge i makroalge, ovisno o staničnoj organizaciji (Shivhare i sur., 2014.). Mikroalge su vrlo raznolika skupina koja sadrži približno 200 000 vrsta (Norton i sur., 1996). Mikroalge se smatraju jednim od najstarijih oblika života (Brennan i Owende, 2010.). Najčešće vrste pripadaju skupinama modrozelenih alga, zelenih alga, alga kremenjašica ili dijatomeja i dinoflagelata (Becker, 2007.). Mikroalge nisu sezonalne, te im to daje prednost nad tradicionalnim usjevima. Na kemijski sastav alga utječu razni čimbenici: temperatura, osvjetljenje, pH-vrijednost, sadržaj minerala, opskrba ugljikovim dioksidom, gustoća populacije, faza rasta i mnogi drugi. Mikroalge su primarni izvor širokoga spektra metabolita koji su prikladni za hranidbu životinja, kao što su bjelančevine, ugljikohidrati, minerali, vitamini, masti i druge organske tvari (Andrade i sur., 2018.). Makronutrijenti i mikronutrijenti dobiveni iz biomase mikroalge uključuju bjelančevine (50 – 60 % suhe mase), ugljikohidrate (10 – 12 %), lipide (5 – 10 % suhe mase; višestruko nezasićene omega-3 i omega-6 masne kiseline;  $\omega$ -3- i  $\omega$ -6-PUFA), vitamine (A, E, B i C), minerale (4 – 6,5 %) te druge bioaktivne sekundarne spojeve, kao na primjer karotenoide (Gutierrez-Salmean i sur., 2015.). Neki od metabolita koji se nalaze u algama su molekule od izrazitoga interesa, jer se mogu uvoditi kao dodatci prehrani u hrani ljudi te kao dodatci u stočnoj hrani. Ovi metaboliti se odnose na pigmente, višestruko nezasićene masne kiseline (PUFA, npr. omega-3 ili -6 masne kiseline), polisaharide, vitamine i sterole (Aklakur, 2010.). Sadržaj vitamina u algama varira i podložan je manipulaciji mijenjanjem uvjeta kulture, selekcijom sojeva ili genetskim inženjeringom. Sadržaj vitamina također se mijenja ovisno o čimbenicima okoliša i metodama sušenja (Sousa i sur., 2008.). Važnost mikroalga ističe se i u tome što one mogu sintetizirati polinezasićene masne kiseline, za razliku od viših biljaka i životinja, koje to ne mogu (Pulz i Gross, 2004.). Nadalje, zbog sposobnosti sintetiziranja svih aminokiselina, daje im se važnost pri osiguravanju potrebnih esencijalnih aminokiselina za ljude i životinje (Guill-Guerrero i sur., 2004.).

Najpopularnije vrste mikroalga koje se koriste u prehrani ljudi i hranidbi životinja su *Arthrospira* (tradicionalan naziv *Spirulina*), *Chlorella* spp., *Dunaliella* spp. i *Haematococcus* spp. *Spirulina* je najviše ispitivana zbog kvalitete i kvantitete bjelančevina. Bjelančevine alge *Spirulina* su bogate esencijalnim aminokiselinama i imaju dobru probavljivost (Buono i sur., 2014.). Za proizvodnju bjelančevina najčešće su se koristile tri vrste alga: *Chlorella* s 55 % sadržaja bjelančevina, *Spirulina* (*Arthrospira*) s oko 65 % i *Dunaliella*, s oko 57 % (Gonzalez-Benito i sur., 2009.). Ciljevi su ovoga rada prikazati mogućnosti uporabe alga kao izvora bjelančevina u hranidbi domaćih životinja, s posebnim osvrtom na njihovu primjenu kod različitih vrsta životinja te prednostima i nedostacima njihove uporabe u suvremenoj hranidbi.

### ***Spirulina* U HRANIDBI DOMAĆIH ŽIVOTINJA**

*Spirulina* je jedna od najpopularnijih vrsta alga te je vrlo čest alternativan izvor hrane. Njezine prednosti nad drugim algama su da nema rizika od toksičnosti (Mullenix i sur., 2021.). *Spirulina* ima potencijal smanjiti konkurentnost između proizvodnje hrane za ljude i hrane za životinje. Kako navode Holman i Malau-Aduli (2013.), *Spirulina* nadmašuje mnoge druge tradicionalne vrste stočne hrane, uključujući kukuruz, pšenicu, ječam i soju, u proizvodnji bjelančevina po jedinici površine. *Spirulina* je cijanobakterija koja predstavlja zanimljivu priliku za korištenje resursa koji inače nisu uključeni u sustav proizvodnje hrane. *Spirulina* se može uzgajati u bioreaktorima ili na otvorenim ribnjacima (Chen i sur., 2016.). Ima visok udio sirovih bjelančevina (> 60 % suhe tvari), a dobar je izvor esencijalnih aminokiselina (Mišurcová i sur., 2014.), i masnih kiselina (Gutierrez-Salmean i sur., 2015.). Prema navodima iz literature, vrijednost sirovih bjelančevina kod alge *Spirulina* varira od 51 – 63 % (Ciferi, 1982.; Ciferi i Tiboni, 1985.). Prema navodima Becker (2007.), udio sirovih bjelančevina jest 52,86 %, dok su Ross i Dominy (1990.) u njezinu sastavu utvrdili udio bjelančevina od 60,5 %.

Istraživanja korisnosti alge *Spirulina* u obrocima monogastričnih životinja imala su gotovo isključiv fokus na perad, te je u više istraživanja utvrđeno kako utjecaj ove alge na rast peradi ovisi o vrsti hrane koju *Spirulina* zamjenjuje (Holman i Malau-Aduli, 2013.). Kukuruz i sojina sačma glavne su komponente obroka za brojlere, koji predstavljaju oko 75 % troškova proizvodnje. S obzirom na velike ekonomske fluktuacije ovih sastojaka na tržištu, postaje potrebno tražiti alternativnu hranu za smanjenje troškova proizvodnje (Alvarenga i sur., 2011.). Sušena punomasna *Spirulina* ima energetska vrijednost jednaku 90 % energije kukuruza (2839 kcal), kao i visoku razinu sirovih bjelančevina (76 %) i esencijalnih aminokiselina. Osim kao zamjena za sojinu sačmu, alge mogu poslužiti i kao zamjena za riblje brašno te rižine posije (Becker, 2007.). Uz to što imaju visok udio bjelančevina u suhoj tvari, njihova probavljivost je visoka i kreće se u rasponu od 87,5 % do 97,81 % (Yucetepe i sur., 2018.), što ukazuje koliki potencijal ova alga ima u pogledu iskoristivosti kod životinja.

Znanstvenici su u svojim istraživanjima primijetili povećanje tjelesne mase. Karotenoidi alge dobro se apsorbiraju i akumuliraju u žumanjku jajeta, a 2 – 2,5 % alge *Spirulina* se može koristiti za proizvodnju jaja s pojačanom bojom žumanjka, jer ima sličan učinak kao i dodani sintetski pigment (Świątkiewicz i sur., 2015.). Količina od 16 % sušenih alga može se ukomponirati u kompletnu starter-smjesu za piliće brojlere, bez negativnih učinaka na njihove performanse rasta (Evans i sur., 2015.).

Neumann i sur. (2018.) postupno su uključivali algu *Spirulina* u smjese tovnih pilića. U takvim izbalansiranim smjesama *Spirulina* je uspješno zamijenila soju u obrocima. Bonos i sur. (2016.) proveli su istraživanje na 120 tovnih pilića. Kontrolnoj skupini hrana je bazirana na kukuruzu i sojinoj sačmi, dok je u drugim dvjema skupinama dodatak alge *Spirulina* bio 5 g/kg i 10 g/kg. Rezultati su pokazali kako dodatak alge nema učinak na oksidativnu stabilnost mesa, ali je masnokiselinski profil mesa batka obogaćen višestruko nezasićenim masnim kiselinama, posebice eikosapentaenskom kiselinom i dokozaheksaenskom kiselinom nakon suplementacije. Stoga bi se *Spirulina* mogla koristiti kao funkcionalan sastojak u hranidbi tovnih pilića. El-Bahr i sur. (2020.) ispitali su utjecaj triju vrsta mikroalga na performanse, profil masnih kiselina i aminokiselina, antioksidanse te kvalitetu mesa prsnih mišića u tovnih pilića. Pokus je proveden na 96 muških i ženskih tovnih pilića Cobb 500. Pilići prve skupine hranjeni su bazalnom hranom koja je služila kao kontrola. Pilići u ostalim skupinama hranjeni su bazalnom hranom pomiješanom s istom dozom (1 g/kg) *Chlorella vulgaris* (CV), *Spirulina platensis* (SP) i *Amphora coffeiformis* (AC). Završna tjelesna masa i prirast tjelesne mase značajno se povećao ( $P < 0,05$ ) u pilića koji su dobili hranu s dodatkom CV i AC, a utjecaj SP na konačnu tjelesnu masu i prirast ostao je usporediv s kontrolnom skupinom. Eikosapentaenska (EPA), dokozaheksaenska (DHA), arahidonska kiselina (AA), višestruko nezasićene masne kiseline (PUFA) i ukupne n-3 masne kiseline (n-3 FA) značajno su povećane ( $P < 0,001$ ) u prsnome mišiću pilića koji su dobili SP ili AC, dok je utjecaj CV na ove parametre ostao usporediv s kontrolnom skupinom. Razine esencijalnih aminokiselina (lizin, metionin, triptofan i histidin) i asparaginske kiseline značajno su povećane ( $P < 0,001$ ) u prsnome mišiću pilića kojima je dodavan ili SP ili AC, a utjecaj CV na razinu ovih aminokiselina ostao je usporediv s kontrolnom skupinom. Park i sur. (2018.) ispitali su na 800 tovnih pilića Ross 308 učinak dodataka alge *Spirulina* (*Arthrospira*) *platensis* na rast, aktivnost antioksidativnih enzima, probavljivost hranjivih tvari, cecalnu mikrofloru, ekskretne štetnih emisija plinova, masu organa i kvalitetu prsonoga mesa. Hranidbeni tretmani bili su kontrolna smjesa bez dodatka alge *Spirulina* i s 0,25, 0,5, 0,75 ili 1,0 % dodatka alge *Spirulina*. Rezultati istraživanja ukazali su na to da dodatak ove alge u smjese tovnih pilića može poboljšati aktivnost antioksidativnih enzima i probavljivost suhe tvari. Naime, njezinim dodatkom povećala se aktivnost enzima superoksid-dismutaze i glutation-peroksidaze u serumu, te se ukupna probavljivost suhe tvari linearno povećavala. Cecalna populacija *Lactobacillus* se također

linearno povećavala takvim dodatkom. Dodatak alge *Spirulina* nije pokazao nikakav učinak na relativnu težinu organa, dok se *dripp loss* dodatkom alge smanjivao. Smatra se kako je zdravstveni učinak alge *Spirulina platensis* na perad povezan s antimikrobnim, imunomodulatornim, protuupalnim i antioksidativnim potencijalima alga (Farag i sur., 2016.; Abdel-Wareth i sur., 2024.).

*Spirulina* u hranidbi svinja nije negativno utjecala niti na produktivnost svinja niti na kvalitetu njihovih proizvoda, a to je najvjerojatnije zbog niske koncentracije bjelančevina u završnim obrocima svinja. *Spirulina* u hranidbi utječe na kvalitetu proizvoda, prvenstveno na boju sirovoga mesa (Altmann i Rosenau, 2022.). U provedenome su istraživanju Neumann i sur. (2018.) primijetili da bi se u hranidbi svinja sojina sačma u potpunosti mogla zamijeniti algom *Spirulina* uz odgovarajući dodatak aminokiseline lizin, bez ugrožavanja ukupne kvalitete mesa svinja. Altmann i sur. (2019.) utvrdili su da *Spirulina* u količini od 9,5 % u završnome obroku svinja nije utjecala na kvalitetu mesa i masti u usporedbi s kontrolnom skupinom, čiji je obrok sadržavao sojinu sačmu. Također su, u usporedbi s kontrolnom skupinom životinja, koja je hranjena sojom, utvrdili da je ledna mast životinja hranjenih ovom algom imala neznatno manji udio mononezasićenih masnih kiselina (MUFA) i povećan udio polizasićenih masnih kiselina (PUFA). Senzorna analiza mesa pokazala je da se kod mesa svinja koje su hranjene obrocima koji su sadržavali dodatak alge *Spirulina* pojačao miris svinjskoga filea. U hranidbi svinja važno je i o kojem se obliku hrane radi. Kod hranidbe svinja uočena je razlika u rastu kod svinja hranjenih peletiranom i nepeletiranom smjesom koja je sadržavala algu *Spirulina* (Holman i Malau-Aduli, 2013.). Grinstead i sur. (2000.) zabilježili su kako dodatak alge *Spirulina* u peletiranome obliku smanjuje dnevni prirast, dok dodatak alge *Spirulina* u nepeletiranome obliku povećava prosječni dnevni prirast.

Uključivanje alge *Spirulina* u obroke krava u količini od 200 g/dan može biti ekonomski učinkovita metoda za povećanje tjelesne mase životinja (8,5 – 11 %) te dnevne proizvodnje mlijeka (21 %). Uz povećanje količine mlijeka, dodatak je povećavao kvalitetu mlijeka, a smanjio se udio zasićenih masnih kiselina, uz istovremeno povećanje mononezasićenih masnih kiselina i polinezasićenih masnih kiselina (Bleakley i Hayes, 2017.). Kod preživača se 20 % alge *Spirulina* ne razgradi u buragu, nego se razgrađuje u sirištu, u kojem se i izravno apsorbira. Istraživanja su pokazala da goveda više preferiraju vodenu suspenziju ove alge, u usporedbi s čistom vodom (Holman i Malau-Aduli, 2013.). Kod mliječnih krava *Spirulina* je pokazala direktan pozitivan rezultat na proizvodnju mlijeka. Zabilježena su povećanja mliječnosti od 21 %, povećanje mliječne masti 17,6 – 25 %, povećanje bjelančevina 9,7 % i laktoze 11,7 % (Holman i Malau-Aduli, 2013.). Kod ovaca je *Spirulina* pokazala dobru probavljivost (Sousa i sur., 2008.). Nakon konzumacije 10 g alge dnevno kod janjadi se povećao prosječan dnevni prirast (Bezerra i sur., 2010.). Ovaj podatak potvrdili su Holman i Malau-Aduli (2013.) u svojem istraživanju, u kojem su utvrdili da je kod ovaca kod kojih je u obroku zastupljena *Spirulina* došlo do povećanja tjelesne mase



i prosječnih dnevnih prirasta. Ovce hranjene dodatkom alge pokazale su, osim povećanja tjelesne mase, i povećanje rasta i konformacije trupa (Dineshabu i sur., 2019.). Dodatak alge *Spirulina* kod gravidnih ovaca utječe na porodnu masu janjadi. Shimkiene i sur. (2010.) utvrdili su da je janjad ovaca hranjenih dodatkom ove alge za 4,07 % teža od janjadi kontrolne skupine.

### ***Chlorella* U HRANIDBI DOMAĆIH ŽIVOTINJA**

*Chlorella* je kuglasta, eukariotska, jednostanična alga promjera 5 – 10  $\mu\text{m}$ . Hemicelulozna stanična stijenka odgovorna je za krutost stanica (Becker, 2007.). *Chlorella* (*vulgaris* spp.; CLV) je jednostanična slatkovodna mikroalga prikladna za prehranu ljudi, a koristi se kao dodatak visoke nutritivne vrijednosti. Karakterizira ju jednostavan uzgoj, visoka produktivnost i visoka razina bjelančevina (60,6 %; Abdelnour i sur., 2019.). CLV ima visok sadržaj bjelančevina, te je izvrstan izvor esencijalnih aminokiselina (Kotrbáček i sur., 2015.). Biomasa CLV sadrži višestruko nezasićene masne kiseline (PUFA), polisaharide, hlapljive i fenolne spojeve, vitamine, sterole i prirodne pigmente (Andrade i sur., 2018.). Na 100 g suhe tvari CLV najviše je vitamina A (30,77 mg), zatim vitamina C (10,4 mg) i vitamina B3 (23,8 mg; Abdelnour i sur., 2019.). CLV je i bogat izvor karotenoida, a od masnih kiselina ističe se C-linolenska kiselina (CLA) povezana sa zdravstvenim prednostima (Kang i sur., 2013.). S obzirom na to da se *Chlorella* uzgaja u prisutnosti selen, u ovim se algama nakuplja stanični selen, pa raste interes za korištenje ove alge kao bogatoga izvora selen za životinje (Świątkiewicz i sur., 2015.).

*Chlorella* ima potencijal zamijeniti soju u hranidbi domaćih životinja, a kod rastućih pilića CLV mogla bi zamijeniti riblje brašno do 5 % i sojinu sačmu do 10 %, bez štetnih učinaka na prirast i konverziju hrane (Abdelnour i sur., 2019.). Istraživanja su pokazala da se rast tovnih pilića može poboljšati dodatkom vrlo malih količina CLV biomase u količinama 0,5 – 1 %. Rezultati su pokazali poboljšanje prirasta tjelesne mase za 2,7 %, bolji omjer konverzije hrane (smanjenje za 2,8 %) te povećanje težine prsnoga mišića (20,1 %) u pilića koji su konzumirali CLV u usporedbi s kontrolnom skupinom (19,1 %). Dodatno, razine jetrenih enzima kao pokazatelj oksidativnoga oštećenja (alanin aminotransferaza, ALT) su smanjene za 23,2 %, što ukazuje na bolju funkciju jetre. Što se tiče imuniteta, krvni limfociti povećani su u pilića koji su hranjeni smjesom u čiji sastav je dodan tekući CLV ( $17,9 \times 10^3 / \mu\text{l}$ ), u usporedbi s skupinama koje su dobile suhi CLV ( $13,5 \times 10^3 / \mu\text{l}$ ). Osim toga, razine IgA, IgG i IgM bile su povišene za 29, 69,1 i 32,3 %, odnosno u pilića koji su konzumirali hranu koja sadrži CLV. Slično tome, crijevna raznolikost i brojnost *Lactobacillus* spp. bila je značajno povećana ( $9,9 \pm 1,88$ , odnosno  $8,99 \log_{10} \text{CFU/g}$ ) kod pilića koji su imali dodatak tekućega CLV u usporedbi s onim u netretiranih pilića ( $8,7 \pm 1,22$ , odnosno  $8,51 \log_{10} \text{CFU/g}$ ; Abdelnour i sur., 2019.). Mirzaie i sur. (2020.) istražili su utjecaj nusproizvoda alge *Chlorella* na pilićima brojlerima. Rezultati istraživanja pokazali su da prehrambeni nusproizvodi alge *Chlorella* pozitivno utječu na imunološke odgovore, a alga dokazano poboljšava

morfologiju crijevne sluznice tovnih pilića u omjeru 10 g / 1 kg hrane. Stoga ima potencijal kao dodatak stočnoj hrani za poboljšanje općega zdravlja tovnih pilića. Fermentirana biomasa alge *Chlorella vulgaris* dodana u hranu za perad također utječe na proizvodnju i kvalitetu jaja. Dodatkom ove alge poboljšala se boja žumanjka (Zheng i sur., 2012.). Byoung-Ki i sur. (2016.) zaključili su da je boja mesa poboljšana fermentiranim CLV-om, što se može pripisati boljemu prijenosu aktivnih karotenoida sadržanih u CLV-u od onih iz ostalih izvora.

### **OSTALE ALGE I NJIHOVA UPOTREBA U HRANIDBI DOMAĆIH ŽIVOTINJA**

Osim najviše istraživanih predhodno navedenih alga, pokušalo se istražiti i ostale alge te prilike koje one nude u hranidbi domaćih životinja. Istraživane su ostale alge na raznim vrstama životinja te se proučavalo koji učinak alge imaju na proizvodnju, kvalitetu proizvoda i zdravlje, a dapače i na plodnost životinja. Kao izvor bjelančevina u hranu peradi, svinja, goveda i ovaca može se uključiti nekoliko vrsta mikroalga, pri čemu se ističe alga *Schizochytrium* sp. te morske alge, uključujući vrste *Laminaria* sp. i *Ulva* sp. (Bleakley i Hayes, 2017.). Vrste *Isochrysis* sp., *Porphyrillum* sp., *Pavlova* sp. i *Nannochloropsis* sp. neke su od vrsta mikroalga koje se također koriste ili dodaju hrani za životinje (Madeira i sur., 2017.).

Pokazalo se kako vrste *Porphyrillum* sp. i *Haematococcus* sp. u hrani za perad utječu na poboljšanje zdravlja i produktivnosti peradi (Bleakley i Hayes, 2017.). El-Deek i sur. (2011.) u svojem su istraživanju ispitali nutritivnu vrijednost sirove smeđe alge (*Sargassum* spp.) i one termički obrađene (kuhane i autoklavirane) u završnim smjesama tovnih pilića (18 – 39 dana) na razinama od 0, 2, 4 ili 6 %. U ispitivanju je korišteno 672 tovnih pilića. Rezultati kemijske analize i metaboličke energije sirove i tretirane alge pokazali su da je sadržaj hranjivih tvari približno jednak te da termička obrada nije promijenila kemijski sastav alge. Također, toplinska obrada nije utjecala na sadržaj aminokiselina. Rezultati su otkrili da su sirove kuhane i autoklavirane alge bogate sadržajem omega masnih kiselina. Dodatak 3 % alge *Ulva lactuca* kod tovnih pilića povećao je prinos prsnoga mišića u usporedbi s peradi koje je hranjena isključivo kukuruzom. Osim toga, smanjena je koncentracija lipida, kolesterola i mokraćne kiseline u serumu (Abudabos i sur., 2013.). Uključivanjem alge *Nannochloropsis gaditana* u hranu za kokoši povećao se sadržaj DHA u žumanjku jajeta. Stoga bi se ova alga mogla koristiti kao alternativa za proizvodnju jaja obogaćenih DHA-om (Bruneel i sur., 2013.). Utvrđeno je da unos crvenih morskih alga *Chondrus crispus* i *Sarcodiotheca gaudichaudii* učinkovito djeluje kao prebiotik za poboljšanje zdravlja crijeva kokošiju te se također poboljšava produktivnost i kvaliteta jaja (Kulshreshtha i sur., 2014.). Alga *Haematococcus pluvialis* koristila se u smjesama za kokoši, kod kojih se dodatkom alge pokazao sniženi udio kolesterola i viši udio karotenoida u žumanjku jajeta, a također je bila pojačana antioksidativna sposobnost u jetrima kokošiju. Druga testirana alga, *Nannochloropsis gaditana*, pokazala je

povećan sadržaj EPA i DHA u jajetu kada se u hrani koristi više algi (Dineshbabu i sur., 2019.). Pozitivan učinak na nesivost i kvalitetu jaja pokazala je i alga *Schizochytrium limacinum*. Dodatak ove alge u prahu pojačava dokazaheksaenoičnu kiselinu (DHA) i koncentraciju žumanjka bez promjene osjetnih karakteristika jaja. Prebiotičko djelovanje koje utječe na zdravlje probavnog sustava pokazale su crvene morske alge *Chondrus crispus* i *Sarcodiotheca gaudichaudii*, koje su osim na zdravlje probavnog sustava pokazale i pozitivno djelovanje na produktivnost te kvalitetu jaja (El-Ghany, 2020.). Alge također imaju blagotvoran učinak na rast i razvoj probavnog sustava. To su u svojem istraživanju potvrdili El-naga i Megahed (2018.). Cilj istraživanja bio je procijeniti učinak tekućih morskih algi na performanse i crijevnu histologiju pilića. Uzorak za istraživanje činilo je 120 jednodnevnih pilića. Smeđe morske alge dodane su u vodu u koncentraciji od 0 i 1 ml/l vode. Rezultati istraživanja pokazali su da su pilići koji su dobili 1 ml/l imali veći prirast tjelesne mase, bolji omjer konverzije hrane, značajno povećanje ukupnih bjelanjčevina (albumina i globulina) te značajno smanjenje ukupnih lipida i kolesterola u odnosu na kontrolne piliće. Histološkom analizom nakon klanja utvrđeno je da perad koja je imala suplementaciju alge ima bolje intestinalno zdravlje zbog dobro razvijenih crijevnih resica, što dovodi do povećane probavne i apsorpcijske površine, a to utječe na bolju iskoristivost hrane. Petrolli i sur. (2019.) testirali su učinak ekstrakta mikroalga na profil masnih kiselina kod tovnih pilića. Istraživanje je provedeno na 480 tovnih pilića hibrida Cobb. Rezultati istraživanja potvrdili su da dodatak alga utječe na profil masnih kiselina, ali ne utječe na karakteristike performansi ili prinos u trupu i organima.

Od alga u hranidbi svinja ispitivana je smeđa morska alga *Laminaria digitata*, koja je pokazala povećanje prirasta tjelesne mase svinja za 10 %, kao i povećanje koncentracije joda u svježem mišiću za 45 % (He i sur., 2002.). Slične učinke zabilježili su Dierick i sur. (2009.) primjenom alge *Ascophyllum nodosum*. Ova alga također povećava sadržaj joda u svinjskom tkivu te djeluje na povećanje koncentracije korisnih bakterija u crijevima, čime se poboljšava zdravlje probave (Dell' Anno i sur., 2024.; Frazzini i sur., 2024.). Reilly i sur. (2008.) izvijestili su da su smeđe morske alge *Laminaria hyperborea* i *Laminaria digitata* smanjile biološku raznolikost korisnih mikroba u crijevima svinje, iako to nije značajno utjecalo na njezine performanse. Odmašćena biomasa zelenih mikroalga *Nannochloropsis oceanica* kod anemičnih svinja pokazala je povišenje hemoglobina u krvi (Manor i sur., 2017.). Ovaj podatak je vrlo važan za svinjogojску proizvodnju s obzirom na činjenicu da prasid u početku života ima slabe zalihe željeza u krvi. Potrebno je istražiti suplementaciju ove alge kod gravidnih svinja, odnosno njezin utjecaj na prasid nakon partusa. Kod svinja biomasa alga može zamijeniti konvencionalne bjelanjčevine poput sojine sačme i ribljega brašna, bez poteškoća u prihvatljivosti kod životinja. *Chlorella* i *Scenedesmus* korištene su kao zamjena za sojinu sačmu u koncentraciji od 10 %, bez razlike u konverziji hrane (Sousa i sur., 2008.).

Kod preživača se javlja problem probavljivosti alga. Ovce, janjad i goveda imaju nesposobnost učinkovite probave frakcija ugljikohidrata alga *Chlorella*, *Scenedesmus obliquus* i *Scenedesmus quadricauda*. Zelena morska alga *Ulva lactuca* prikladna je niskoenergetska, visokobjelanjčevinasta hrana za ovce i koze (Ventura i Castañón, 1998.). Morske alge možda nisu toliko prikladne kao dodatak hrani gravidnim ovcama, jer je u novijim istraživanjima primijećeno da ometaju pasivni imunitet u janjadi te povećavaju stopu smrtnosti (Novoa-Garrido i sur., 2014.). Pokazalo se da dodatak mikroalga hrani preživača mijenja prinos mlijeka te da se poboljšava profil masnih kiselina u mlijeku (Glover i sur., 2017.; Kholif i sur., 2017.). Koze pasmine damask pokazale su u laktaciji povećanu mliječnost, uz nešto veći sadržaj energije, kada su hranjene dodatkom alga (Kholif i sur., 2017.). Više istraživanja provedeno je na holsteinskoj pasmini goveda. Rezultati su pokazali da se dodatkom mikroalga sastav omega-3 masnih kiselina u mlijeku krava povećava bez štetnoga utjecaja na sadržaj mliječne masti. U drugome istraživanju na istoj pasmini povećana je razina linolenske kiseline i DHA. Mikroalge su u oba istraživanja inkapsulirane u lipidima kako bi se spriječila dehidrogenacija u buragu životinja (Dineshbabu i sur., 2019.). U istraživanju koje je uključivalo krave holsteinske pasmine hranjene obrocima s dodatkom mikroalga uočena je smanjena količina mlijeka, bjelanjčevina, laktoze i uglavnom nepromijenjen profil masnih kiselina (Boeckaert i sur., 2008.). Suprotno navedenom istraživanju, nadopuna uljane repice mikroalgama kod krava u laktaciji pokazala je pojačan prinos mlijeka i metabolita u plazmi. Uočen je i povećan sadržaj energije u mlijeku te sadržaj proteina i laktoze kod krava koje imaju dodatak mikroalga u hrani (Lamminen i sur., 2017.). Istraživanje Dineshbabua i sur. (2019.) pokazalo je kako dodatak mikroalga ne će promijeniti prinos niti kvalitetu mlijeka, ali je uočena smanjena konzumacija hrane. Međutim, utvrđeno je da se sadržaj omega-3 masnih kiselina i PUFA-e povećava u mlijeku životinja hranjenih algama (Dineshbabu i sur., 2019.). Mikroalge mogu imati utjecaj na plodnost jer povoljno djeluju na razvoj folikula i žutoga tijela, što je dokazano na kozama (Senosy i sur., 2017.). Za poboljšanje reproduktivne sposobnosti, *Dunaliella salina* se može koristiti kao alternativa za hormonsko liječenje. Smatra se da njezino djelovanje potiče od visoke razine beta-karotena, glicerola, bjelanjčevina i ostalih kemijskih spojeva (Wichuk i sur., 2014.).

## ZAKLJUČAK

Pregled dostupne literature pokazao je kako alge imaju velik potencijal iskorištenja jer su jeftine i uspješno zamjenjuju kukuruz i sojinu sačmu pri hranidbi životinja, a pritom pozitivno djeluju na zdravlje životinja te se njihovom implementacijom poboljšava kvaliteta animalnih proizvoda, što može utjecati na krajnji odabir potrošača. Iako se alge godinama koriste u prehrani ljudi, kod uključivanja alga u obroke i smjese domaćih životinja treba obratiti pozornost na udio alga, jer prevelik udio može imati negativno djelovanje na performanse životinja. Perad je zasad pokazala najveći afinitet prema algama, odnosno kod

njih istraživanja nisu pokazala veće nedostatke u pogledu prihvatljivosti, probavljivosti i iskoristivosti. Za razliku od peradi, rezultati istraživanja kod preživača nisu jednoznačni, te su za njih potrebna daljnja istraživanja, osobito u pogledu probavljivosti. Zaključno, uključivanjem alga u hranidbu domaćih životinja smanjila bi se konkurentnost između proizvodnje hrane za ljude i hrane za životinje, te bi sustav proizvodnje postao održiviji, što je osobito važno s obzirom na klimatsko-ekološke probleme s kojima se susreće suvremena stočarska proizvodnja.

## LITERATURA

1. Abdelnour, S.A., Abd El-Hack, M.E., Arif, M., Khafaga, A.F., & Taha, A.E. (2019). The application of the microalgae *Chlorella* spp. as a supplement in broiler feed. *World's Poultry Science Journal*, 75, 305-318. <https://doi.org/10.1017/S0043933919000047>
2. Abdel-Wareth, A. A. A., Williams, A. N., Salahuddin, M., Gadekar, S., & Lohakare, J. (2024). Algae as an alternative source of protein in poultry diets for sustainable production and disease resistance: present status and future considerations. *Frontiers in Veterinary Science*, 11, 1382163. <https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1382163>
3. Abudabos, A.M., Aly, B.O., Riyadh, S.A., Emad, M.S., Kalid, A.A., & Ahmed, A.A. (2013). Nutritional value of green seaweed (*Ulva lactuca*) for broiler chickens. *Italian Journal of Animal Science*, 12, 177-181. <https://doi.org/10.4081/ijas.2013.e28>
4. Aklakur, M. (2010). Natural Antioxidants from Sea: A Potential Industrial Perspective in Aquafeed Formulation. *Reviews in Aquaculture*, 10, 385-399. <https://doi.org/10.1111/raq.12167>
5. Al-Mufarji, A., Mohammed, A.E.A., Al-Masruri, H., & Al-Zeidi, R. (2022). Effects of Dietary Microalgae Supplementation on Mammals' Production and Health. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, 10, 1718-1724. <https://dx.doi.org/10.17582>
6. Altmann, B.A., Neumann, C., Rothstein, S., Liebert, F., & Mörlin, D. (2019). Do dietary soy alternatives lead to pork quality improvements or drawbacks? A look into micro-alga and insect protein in swine diets. *Meat Science*, 153, 26-34. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.03.001>
7. Alvarenga, R. R., Rodrigues, P. B., Cantarelli, V. D. S., Zangeronimo, M. G., Silva Júnior, J. W. D., Silva, L. R. D., & Pereira, L. J. (2011). Energy values and chemical composition of *Spirulina* (*Spirulina platensis*) evaluated with broilers. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40(5), 992-996. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000500008>
8. Andrade, L.M., Andrade, C.J., Dias, M., Nascimento, C.A.O., & Mendes, M.A. (2018). *CLV* and *Spirulina* Microalgae as Sources of Functional Foods, Nutraceuticals, and Food Supplements; an Overview. *Food Processing and Technology*, 6, 1-14.
9. Becker, B.W. (2007). Micro-algae as a source of protein. *Biotechnology Advances*, 25(2), 207-210. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2006.11.002>
10. Bezerra, L., Silva, A., Azevedo, S., Mendes, R., Manguiera, J., & Gomes, A. (2010). Performance of santa inês lambs submitted to the use of artificial milk enriched with *Spirulina Platensis*. *Ciência Animal Brasileira*, 11, 258-263. <https://doi.org/10.526/cab.v11i2.1198>
11. Byoung-Ki, A., Kwan-Eung, K., Jin-Young, J., & Kyung Woo, L. (2016). Effect of dried *CLV vulgaris* and *CLV* growth factor on growth performance, meat qualities and humoral immune responses in broiler chickens. *Springer Plus*, 5, 718. <https://doi.org/10.1186/s40064-016-2373-4>
12. Bleakley, S., & Hayes, M. (2017). Algal Proteins: Extraction, Application, and Challenges Concerning Production. *Foods*, 6(5), 33. <https://doi.org/10.3390/foods6050033>
13. Boeckaert, C., Vlaeminck, B., Dijkstra, J., Issa-Zacharia, A., Van Nespen, T., Van Straalen, W., & Fievez, V. (2008). Effect of dietary starch or micro algae supplementation on rumen fermentation and milk fatty acid composition of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 91(12), 4714-4727. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1178>
14. Bonos, E., Kasapidou, E., Kargopoulos, A., Karampampas, A., Christaki, E., Florou-Paneri, P., & Nikolakakis, I. (2016). *Spirulina* as a functional ingredient in broiler chicken diets. *South African Journal of Animal Science*, 46, 94-101. <https://doi.org/10.4314/sajas.v46i1.12>
15. Brennan L., & Owende P. (2010). Biofuels from microalgae – a review of technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14, 557-577. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.10.009>
16. Bruneel, C., Lemahieu, C., & Fraeye, I. (2013). Impact of microalgal feed supplementation on omega-3 fatty acid enrichment of hen eggs. *Journal of Functional Foods*, 5, 897-904. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2013.01.039>
17. Buono, S., Langellottia, A.L., Martelloa, A., Rinnaa, F., & Fogliano, V. (2014). Functional Ingredients from Microalgae. *Food & Function*, 5, 1669-1685. <https://doi.org/10.1039/c4fo00125g>
18. Chen, J., Wang, Y., Benemann, J.R., Zhang, X., Hu, H., & Qin, S. (2016). Microalgal industry in China: Challenges and prospects. *Journal of Applied Phycology*, 28, 715-725. <https://doi.org/10.1007/s10811-015-0720-4>
19. Ciferri, O. (1982). *Spirulina*, the edible microorganism. *Microbiology Review*, 47(4), 551-578.
20. Ciferri, O., & Tiboni, O. (1985). The biochemistry and industrial potential of *Spirulina*. *Annual Reviews of Microbiology*, 39, 503-526.
21. Dell'Anno, M., Frazzini, S., Reggi, S., Ferri, I., Scaglia, E., Schiasselloni, L., Inglesi, A., Riva, F., Verdile, N., Pasquariello, R., & Rossi, L. (2024). Evaluation of dietary supplementation of *Ascophyllum nodosum* and *Lithothamnium calcareum* as functional algae in F4+ *Escherichia coli* challenged piglets. *Frontiers in Veterinary Science*, 11, 1430347. <https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1430347>
22. Dierick, N., Ovyn, A., & De Smet, S. (2009). Effect of feeding intact brown seaweed *Ascophyllum nodosum* on some digestive parameters and on iodine content in edible tissues in pigs. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(4), 584-594. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3480>
23. Dineshbabu, G., Goswami, G., Kumar, R., Sinha, A., & Das, D. (2019). Microalgae–nutritious, sustainable aqua- and animal feed source. *Journal of Functional Foods*, 62. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103545>



24. El-Bahr, S., Shousha, S., Shehab, A., Khattab, W., Ahmed-Farid, O., Sabike, I., El-Garhy, O., Albokhadaim, I., & Albosadah, K. (2020). Effect of Dietary Microalgae on Growth Performance, Profiles of Amino and Fatty Acids, Antioxidant Status, and Meat Quality of Broiler Chickens. *Animals*, 10, 761. <https://doi.org/10.3390/ani10050761>
25. El-Deek, A.A., Al-Harhi, M.A., Abdalla, A. A., & Elbanoby, M.M. (2011). The use of brown algae meal in finisher broiler diets. *Egyptian Poultry Science*, 31, 767-781.
26. El-Ghany, & W.A.A. (2020). Microalgae in Poultry Field: A Comprehensive Perspectives. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, 8, 888-897. <http://dx.doi.org/10.17582/journal.aavs/2020/8.9.888.897>
27. El-naga, M.K.A., & Megahed, M.M. (2018). Impact of brown algae supplementation in drinking water on growth performance and intestine histological changes of broiler chicks. *Egyptian Journal of Nutrition and Feeds*, 21(2), 495-507. <https://doi.org/10.21608/ejnf.2018.75603>
28. Evans, A.M., Smith, D.L., & Moritz, J.S. (2015). Effects of algae incorporation into broiler starter diet formulations on nutrient digestibility and 3 to 21 d bird performance. *Journal of Applied Poultry Research*, 24, 206-214. <https://doi.org/10.3382/japr/pfv027>
29. Farag, M.R., Alagawany, M., Abd El-Hack, M.E., & Dhama, K. (2016). Nutritional and health aspects of *Spirulina* (*Arthrospira*) for poultry, animals and human. *International Journal of Pharmacology*, 12, 36-51. <https://doi.org/10.3923/ijp.2016.36.51>
30. Frazzini, S., Reggi, S., Dell'Anno, M., Fifi, A. P., Scaglia, E., Ferri, I., & Rossi, L. (2024). Chemical-functional characterization of *Ascomyllum nodosum* and *Phymatolithon calcareum* and dietary supplementation in post-weaning pigs. *Frontiers in Veterinary Science*, 11, 1431091. <https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1431091>
31. Glover, K.E., Budge, S., Rose, M., Rupasinghe, H.P.V., MacLaren, L., Green-Johnson, J., Fredeen, Kholif, A.E., Morsy, T.A., Matloup, O.H., Anele, U.Y., Mohamed, A.G., & El-Sayed, A.B. (2017). Dietary *Chlorella vulgaris* microalgae improves feed utilization, milk production and concentrations of conjugated linoleic acids in the milk of Damascus goats. *Journal of Agricultural Science*, 155, 508-518. <https://doi.org/10.1017/S0021859616000824>
32. Gonzalez-Benito, G., Barrocal, V., Bolado, S., Coca, M., & Garcia-Cubero, M.T. (2009). Valorization of by-products from food industry, for the production of single cell protein (SCP) using microalgae. *New Biotechnology*, 25, 262. <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2009.06.586>
33. Grinstead, G., Tokach, M., Dritz, S., Goodband, R., & Nelssen, J. (2000). Effects of *Spirulina platensis* on growth performance of weanling pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 83, 237-247.
34. Guill-Guerrero, J.L., Navarro-Juárez, R., López-Martínez, J.C., Campra-Madrid, P., & Reboloso-Fuentes, M.M. (2004). Functional properties of the biomass of the three microalgal species. *Journal of Food Engineering*, 65, 511-517. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.02.014>
35. Gutierrez-Salmean, G., Fabila-Castillo, L., & Chamorro-Cevallos, G. (2015). Nutritional and toxicological aspects of *Spirulina* (*Arthrospira*). *Nutrición Hospitalaria*, 32, 34-40.
36. He, M., Hollwich, W., & Rambeck, W. (2002). Supplementation of algae to the diet of pigs: A new possibility to improve the iodine content in the meat. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 86, 97-104.
37. Holman, B. W. B., & Malau-Aduli, A. E. O. (2013). *Spirulina* as a livestock supplement and animal feed. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 97, 615-623. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2012.01328.x>
38. Kadam, S.U., Tiwari, B.K., & O'Donnell, C.P. (2013). Application of novel extraction technologies for bioactives from marine algae. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61, 4667-4675. <https://doi.org/10.1021/jf400819p>
39. Kang, H.K., Salim, H.M., Akter, N., Kim, D.W., Kim, J.H., Bang, H.T., Kim, M.J., Na, J.C., Hwangbo, J., Choi, H.C., & Suh, O.S. (2013). Effects of various forms of dietary CLV supplementation on growth performance, immune characteristics, and intestinal microflora population of broiler chickens. *Journal of Applied Poultry Science*, 22, 100-108. <https://doi.org/10.3382/japr.2012-00622>
40. Kholif, A.E., Morsy, T.A., Matloup, O.H., Anele, U.Y., Mohamed, A.G., & El-Sayed, A.B. (2017). Dietary *Chlorella vulgaris* microalgae improves feed utilization, milk production and concentrations of conjugated linoleic acids in the milk of Damascus goats. *Journal of Agricultural Science*, 155, 508-518. <https://doi.org/10.1017/S0021859616000824>
41. Kotrbáček, V., Doubek, J., & Doucha, J. (2015). The *Chlorococcalean* alga CLV in animal nutrition: A review. *Journal of Applied Phycology*, 27, 2173-2180. <https://doi.org/10.1007/s10811-014-0516-y>
42. Kulshreshtha, G., Rathgeber, B., Stratton, G., Thomas, N., Evans, F., Critchley, A., Hafting, J., & Prithiviraj, B. (2014). Feed supplementation with red seaweeds, *Chondrus crispus* and *Sarcodiotheca gaudichaudii*, affects performance, egg quality, and gut microbiota of layer hens. *Poultry Science*, 93, 2991-3001. <https://doi.org/10.3382/ps.2014-04200>
43. Lamminen, M., Halmemies-Beauchet-Filleau, A., Kokkonen, T., Simpura, I., Jaakkola, S., & Vanhatalo, A. (2017). Comparison of microalgae and rapeseed meal as supplementary protein in the grass silage based nutrition of dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*, 234, 295-311. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.10.002>
44. Madeira, M. S., Cardoso, C., Lopes, P. A., Coelho, D., Afonso, C., Bandarra, N. M., & Prates, J. A. M. (2017). Microalgae as feed ingredients for livestock production and meat quality: A review. *Livestock Science*, 205, 111-121. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2017.09.020>
45. Manor, M. L., Kim, J., Derksen, T. J., Schwartz, R. L., Roneker, C. A., Bhatnagar, R. S., & Lei, X. G. (2017). Defatted microalgae serve as a dual dietary source of highly bioavailable iron and protein in an anemic pig model. *Algal Research*, 26, 409-414. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2017.07.018>
46. Mirzaie, S., Sharifi, S.D., & Zarak-Khattab, F. (2020). The effect of a *Chlorella* by-product dietary supplement on immune response, antioxidant status, and intestinal mucosal morphology of broiler chickens. *Journal of Applied Phycology*, 32, 1771-1777. <https://doi.org/10.1007/s10811-020-02093-5>



47. Mišurcová, L., Buňka, F., Vávra Ambrožová, J., Machů, L., Samek, D., & Kráčmar, S. (2014). Amino acid composition of algal products and its contribution to RDI. *Food Chemistry*, 151, 120-125. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.11.040>
48. Mullenix G. J., Maynard, C. J., Owens, C.M., Rochell, S.J., Bottje, W.G., Brister, R.D., & Kidd, M.T. (2021). *Spirulina platensis* meal inclusion effects on broilers fed a reduced protein diet. *Journal of Applied Poultry Research*, 31(1), 100199. <https://doi.org/10.1016/j.japr.2021.100199>
49. Neumann, C., Velten, S., & Liebert, F. (2018). The graded inclusion of algae (*Spirulina platensis*) or insect (*Hermetia illucens*) meal as a soybean meal substitute in meat type chicken diets impacts on growth, nutrient deposition and dietary protein quality depending on the extent of amino acid Supplementation. *Open Journal of Animal Sciences*, 8, 163-183. <https://doi.org/10.4236/ojas.2018.82012>
50. Norton, T.A., Melkonian, M., & Andersen, R.A. (1996). Algal biodiversity. *Phycologia*, 35, 308-326. <https://doi.org/10.2216/i0031-8884-35-4-308.1>
51. Novoa-Garrido, M., Aanensen, L., Lind, V., Larsen, H.J.S., Jensen, S.K., Govasmark, E., & Steinshamn, H. (2014). Immunological effects of feeding macroalgae and various vitamin e supplements in Norwegian white sheep-ewes and their offspring. *Livestock Science*, 167, 126-136. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.05.021>
52. Park, J. H., Lee, S. I., & Kim, I. H. (2018). Effect of dietary *Spirulina (Arthrospira) platensis* on the growth performance, antioxidant enzyme activity, nutrient digestibility, cecal microflora, excreta noxious gas emission, and breast meat quality of broiler chickens. *Poultry Science*, 97(7), 2451-2459. <https://doi.org/10.3382/ps/pey093>
53. Petrolli, T.G., Petrolli, O.J., Pereira, A.S.C., Zotti, C.A., Romani, J., Villani, R., Leite, F., & Zanandrea, F.M. (2019). Effects of the Dietary Supplementation with a Microalga Extract on Broiler Performance and Fatty-Acid Meat Profile. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 21(3), 001-008. <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2018-0958>
54. Pulz, O., & Gross, W. (2004). Valuable products from biotechnology of microalgae. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 65, 635-648. <https://doi.org/10.1007/s00253-004-1647-x>
55. Reilly, P., O'doherty, J., Pierce, K., Callan, J., O'sullivan, J., & Sweeney, T. (2008). The effects of seaweed extract inclusion on gut morphology, selected intestinal microbiota, nutrient digestibility, volatile fatty acid concentrations and the immune status of the weaned pig. *Animal*, 2, 1465-1473. <https://doi.org/10.1017/S1751731108002711>
56. Ross, E., & Dominy, W. (1990). The nutritional value of dehydrated, blue-green algae (*Spirulina platensis*) for poultry. *Poultry Science*, 69(5), 794-800.
57. Senosy, W., Kassab, A.Y., & Mohammed, A.A. (2017). Effects of feeding green microalgae on ovarian activity, reproductive hormones and metabolic parameters of Boer goats in arid subtropics. *Theriogenology*, 96, 16-22. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.03.019>
58. Shimkiene, A., Bartkeviciute, Z., Chernauskiene, J., Shimkus, A., Chernauskas, A., Ostapchuk, A., & Nevitov, M. (2010). The influence of *Spirulina platensis* and concentrates on lambs' growth. *Zhivotnov'dni Nauk*, 47(1), 9-14.
59. Shivhare, S., Mishra, A.K., Sethi, V.K., & Bhadoria, A.K.S. (2014). Growth rate, biochemical and biomass analysis of scenedesmus obliquus algae in Shahpura Lake Bhopal (MP). *International Journal of Pharmaceutical and Chemical Sciences*, 3, 477-482.
60. Sousa, I., Gouveia, L., Batista, A. P., Raymundo, A., & Bandarra, N. M. (2008). Microalgae in novel food products. *Food chemistry research developments*, 75-112.
61. Świątkiewicz, S., Arczewska-Włosek, A., & Józefiak, D. (2015). Application of microalgae biomass in poultry nutrition. *World's Poultry Science Journal*, 71(04), 663-672. <https://doi.org/10.1017/S0043933915002457>
62. United Nations. World Population Prospects 2024: Highlights; United Nations: New York, NY, USA, 2024.
63. Ventura, M., & Castañón, J. (1998). The nutritive value of seaweed (*Ulva lactuca*) for goats. *Small Ruminant Research*, 29, 325-327. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(97\)00134-X](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(97)00134-X)
64. Wichuk, K., Brynjólfsson, S., & Fu, W. (2014). Biotechnological production of value-added carotenoids from microalgae. *Bioengineered*, 95(9), 5269-5275. <https://doi.org/10.4161/bioe.28720>
65. Yucetepe, A., Saroglu, O., Bildik, F., Ozcelik, B., & Daskaya-Dikmen, C. (2018). Optimisation of ultrasound-assisted extraction of protein from *Spirulina platensis* using RSM. *Czech Journal of Food Sciences*, 36(1), 98-108. <https://doi.org/10.17221/64/2017-CJFS>
66. Zheng, L., Oh, S.T., & Jeon, J.Y. (2012). The dietary effects of fermented *Chlorella vulgaris* (CBT®) on production performance, liver lipids and intestinal microflora in laying hens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 25, 261-266. <https://doi.org/10.5713/ajas.2011.11273>

## ALGAE AS A SOURCE OF PROTEINS IN DOMESTIC ANIMALS' FEEDING

---

### SUMMARY

*In view of an increase in the world's population and a potential problem of food shortages in the future, a task of the profession is to find a way to produce sufficient food while reducing a burden imposed on production. This paper's objective is to illustrate the possibilities of using the algae as a source of proteins in the domestic animals' feeding, with a particular reference to their use in different animal species and the advantages and disadvantages of their use in modern feeding. The algae are increasingly being researched, as they can be a source of proteins in animal nutrition, and various organic compounds can be extracted that can be subsequently used as an additive to the animal feed. Most algae have been proven to exert a positive effect on the domestic animals' production indicators, product quality, health, and fertility. However, with all the positive aspects that the algae may offer, attention should also be paid to their toxicity. If the algae are incorporated in the domestic animals' feeding, it should be clearly defined what quantities are acceptable. There is a necessity to further study the effect of algae on the ruminants and monogastric animals, as a vast majority of the research conducted is based on poultry. As the profession advances and the algae-production and -processing technology is being developed, it can be expected that the algae will be more widely added to the domestic animals' feeding in the future.*

**Keywords:** *algae, proteins, nutrition, domestic animals, sustainability*

(Primljeno 23. prosinca 2024.; prihvaćeno 28. ožujka 2025. – Received on December 23, 2024; accepted on March 28, 2025)