

BALIK BESLEME VE BESLENME HASTALIKLARI

Editör

Özge SIZMAZ



© Copyright 2025

Bu kitabın, basım, yayın ve satış hakları Akademisyen Yayınevi A.Ş.'ye aittir. Anılan kuruluşun izni alınmadan kitabın tümü ya da bölümleri mekanik, elektronik, fotokopi, manyetik kayıt ve/veya başka yöntemlerle çoğaltılamaz, basılamaz, dağıtılamaz. Tablo, şekil ve grafikler izin alınmadan, ticari amaçlı kullanılamaz. Bu kitap T.C. Kültür Bakanlığı bandrolü ile satılmaktadır.

ISBN

978-625-375-861-5

Kitap Adı

Balık Besleme ve Beslenme Hastalıkları

Editör

Özge SIZMAZ

ORCID iD: 0000-0002-2027-5074

Yayın Koordinatörü

Yasin DİLMEN

Sayfa ve Kapak Tasarımı

Akademisyen Dizgi Ünitesi

Yayıncı Sertifika No

47518

Baskı ve Cilt

Vadi Matbaacılık

Bisac Code

MED089000

DOI

10.37609/akya.3977

Kütüphane Kimlik Kartı

Balık Besleme ve Beslenme Hastalıkları / ed. Özge Sızmaz.

Ankara : Akademisyen Yayınevi Kitabevi, 2025.

172 s. : şekil, tablo. ; 160x235 mm.

Kaynakça var.

ISBN 9786253758615

GENEL DAĞITIM

Akademisyen YAYINEVİ A.Ş.

Halk Sokak 5 / A Yenışehir / Ankara

Tel: 0312 431 16 33

siparis@akademisyen.com

www.akademisyen.com

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1	Balıklarda Sindirim Sistemi Anatomisi1 <i>Caner BAKICI</i>
BÖLÜM 2	Balıklarda Sindirim Fizyolojisi.....31 <i>Durmuş ATILGAN</i> <i>Atakan BUNDUR</i>
BÖLÜM 3	Balıklarda Besin Madde İhtiyaçları71 <i>Atakan BUNDUR</i> <i>Özge SIZMAZ</i>
BÖLÜM 4	Alternatif Protein Kaynakları.....93 <i>Elif Vildan ŞİMŞEK</i> <i>Gültekin YILDIZ</i>
BÖLÜM 5	Balık Yeminde Yem Teknolojisi: İşleme Teknikleri ve Performans Üzerindeki Etkileri133 <i>Elif Vildan ŞİMŞEK</i> <i>Abdullah ÇİFTÇİ</i> <i>Gültekin YILDIZ</i>
BÖLÜM 6	Balıklarda Beslenme Hastalıkları.....157 <i>Özlem DURNA</i>

YAZARLAR

Doç. Dr. Caner BAKICI

Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi
Anatomi AD.

Araş. Gör. Durmuş ATILGAN

Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi,
Fizyoloji AD.

Araş. Gör. Atakan BUNDUR

Ankara Üniversitesi Veteriner
Fakültesi, Hayvan Besleme ve Beslenme
Hastalıkları AD.

Prof. Dr. Özge SIZMAZ

Ankara Üniversitesi Veteriner
Fakültesi, Hayvan Besleme ve Beslenme
Hastalıkları AD.

Elif Vildan şİMşEK

Ankara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri
Enstitüsü, Doktora ėrencisi, Veteriner
Hekim

Prof. Dr. Gültekin YILDIZ

Ankara Üniversitesi Veteriner
Fakültesi Hayvan Besleme ve Beslenme
Hastalıkları AD.

Abdullah ÇİFTÇİ

Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri
Enstitüsü Veteriner Hekimliği Doktora
Adayı

Prof. Dr. Gültekin YILDIZ

Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi
Hayvan Besleme ve Beslenmeyle İlgili
Hastalıklar AD.

Doç. Dr. Özlem DURNA

Dicle Üniversitesi Veteriner Fakültesi,
Hayvan Besleme ve Beslenme
Hastalıkları AD.

BÖLÜM 1

BALIKLARDA SİNDİRİM SİSTEMİ ANATOMİSİ

Caner BAKICI¹

GİRİŞ

Balıkların sindirim sistemi, sucul türlerin geniş beslenme alışkanlıklarını ve bulundukları çevreyle ilgili nişleri şekillendiren koşulları yansıtan, yapı ve işlev açısından dikkate değer bir çeşitlilik sergileyen bir organizasyon örneğidir. Besin alımında rol oynayan temel sistem olarak, büyüme, hayatta kalma ve üremede de önemli bir rol üstlenir. Dolayısıyla balıkların sindirim sisteminin anatomik yapısının anlaşılması, bu canlıların biyolojisi, ekolojisi ve çevresel koşullara uyum yetenekleri hakkında önemli bir bakış açısı sağlar.

Balıklar, derin okyanus sularından tatlı su akarsularına kadar uzanan son derece geniş yaşam alanlarına yayılmıştır; bu nedenle sindirim sistemi anatomileri hem omurgalıları arasında korunmuş temel özellikleri hem de farklı beslenme stratejilerine özgü yapısal uyarlanmaları bir arada sunar. Bu bölümde sunulan bilgiler, balık sindirim sisteminin temel anatomik düzenini ve bu düzenin işlevsel yönlerini bütüncül bir çerçevede ele almak amacıyla yapılandırılmıştır.

Balık Sindirim Sistemine Genel Bakış

Balık sindirim sistemi, ağızdan anüse veya kloakaya kadar uzanan kesintisiz bir tüp yapısında olup, sindirim ve emilim süreçlerine katkı sağlayan çeşitli yardımcı organlarla birlikte çalışır. Genel planı diğer omurgalılarla benzerlik gösterse de, farklı türlerde organların şekli, boyutu ve karmaşıklığı bakımından belirgin çeşitliliklerin ortaya çıktığı görülmektedir (1,2).

Sindirim sistemi organizasyonunda bulunan sindirim kanalının temel birleşenleri genel olarak incelendiğinde ağız ve ağız boşluğu, yutak, yemek borusu, mide, bağırsak ve terminal açıklıktan meydana geldiği görülür. Karaciğer ve pankreas gibi yardımcı organlar

¹ Doç. Dr., Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Anatomi AD., vetcanerbakici@gmail.com, cbakici@ankara.edu.tr, ORCID iD: 0000-0003-2413-3142

DOI: 10.37609/akya.3977. c3422

rim sistemi morfolojisi, çeşitli beslenme alışkanlıklarına ve yaşam alanlarına uyumlarını yansıtan olağanüstü bir yapısal ve işlevsel çeşitlilik gözler önüne serdiği görülmektedir. Bu çeşitlilik, farklı balık türlerinin yaşadığı çevresel koşullara, beslenme stratejilerine ve ekolojik rollere uyum sağladığını açıkça gösterir. İlgili başlıklar altında yalnızca bu geniş çeşitliliğin belirli yönlerine yer verilmiş olsa da, literatürde hâlâ çok sayıda türün sindirim sistemi morfolojisinin ayrıntılı biçimde incelenmediği anlaşılmaktadır.

Bu çeşitliliğe rağmen, ağız, yutak, yemek borusu, mide ve bağırsaktan oluşan sindirim kanalının en temel yapısında benzerlikler göze çarpmaktadır. Karaciğer ve pankreas gibi yardımcı organlar, temel sindirim enzimlerini sağlayarak, metabolizmayı düzenleyerek ve hematolojik destek sağlayarak bu yapıların bir düzen halinde çalışmasını ve işleyişini desteklediği görülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Wilson JM, Castro LFC. Morphological diversity of the gastrointestinal tract in fishes. In: Hoar WS, Randall DJ, editors. *Fish Physiology*. Academic Press; 2010. p. 1–55.
2. Buddington RK, Kuz'mina V. Digestive system. In: Ostrander GK, editor. *The Laboratory Fish*. Academic Press; 2000. p. 379–84.
3. Kapoor BG, Smit H, Verighina IA. The alimentary canal and digestion in teleosts. In: Russell FS, editor. *Advances in Marine Biology*. Academic Press; 1976. p. 109–239.
4. Podkowa D, Goniakowska-Witalińska L. Morphology of the air-breathing stomach of the cat-fish *Hypostomus plecostomus*. *J Morphol*. 2003;257(2):147–63.
5. Leigh SC. The resource acquisition strategies and digestive physiology of sharks [dissertation]. 2019. Available from: <https://www.proquest.com/docview/2318797977> (Accessed 15 Oct 2025).
6. Weinrauch AM, Anderson WG. In situ method for the determination of nutrient acquisition and its hormonal regulation in the spiral valve of two chondrichthyan fishes. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2023;325(5):R546–55.
7. Steinberg CE. *Aquatic Animal Nutrition*. Springer International Publishing; 2018.
8. McGrosky A, Navarrete A, Isler K, et al. Gross intestinal morphometry and allometry in Carnivora. *Eur J Wildl Res*. 2016;62(4):395–405.
9. Johanson Z, Boisvert CA, Trinajstić K. Early vertebrates and the emergence of jaws. In: Ziermann JM, Diaz RE Jr, Diogo R, editors. *Heads, Jaws, and Muscles*. Springer; 2019. p. 23–44.
10. Marshall CD, Pyenson ND. Feeding in aquatic mammals: an evolutionary and functional approach. In: *Feeding in Vertebrates: Evolution, Morphology, Behavior, Biomechanics*. Springer; 2019. p. 743–85.
11. Shalaby W. Comparative morphological and histological studies on the adaptation of esophagus and stomach to the feeding habits in some coral reef fishes at Hurgada, Red Sea, Egypt. *Egypt J Aquat Biol Fish*. 2020;24(5):289–306.
12. Jiao F, Zhang L, Limbu SM, et al. A comparison of digestive strategies for fishes with different feeding habits: digestive enzyme activities, intestinal morphology, and gut microbiota. *Ecol Evol*. 2023;13(9):e10499.
13. Buddington RK, Krogdahl Å, Bakke-McKellep AN. The intestines of carnivorous fish: structure and functions and the relations with diet. *Acta Physiol Scand*. 1997;161:67–80.
14. Pavlov DS, Kasumyan AO. Feeding diversity in fishes: trophic classification of fish. *J Ichthyol*.

- 2002;42(2):S137.
15. Adamek-Urbańska D, Kamaszewski M, Wiechetek W, et al. Comparative morphology of the digestive tract of African Bush Fish (*Ctenopoma acutirostre*) and Paradise Fish (*Macropodus opercularis*) inhabiting Asian and African freshwaters. *Animals*. 2023;13(16):2613.
 16. Neves MP, Amorim JPA, Delariva RL, et al. Linking anatomical and histological traits of the digestive tract to resource consumption and assimilation of omnivorous tetra fishes. *Ecol Evol*. 2024;14(5):e11375.
 17. Kihara M, Sakata T. Fermentation of dietary carbohydrates to short-chain fatty acids by gut microbes and its influence on intestinal morphology of a detritivorous teleost tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Comp Biochem Physiol A*. 1997;118(4):1201–7.
 18. Delariva RL, Agostinho AA. Relationship between morphology and diets of six neotropical loriciariids. *J Fish Biol*. 2001;58(3):832–47.
 19. Ito T, Tanaka T, Kiyatake I, et al. Contrast-enhanced computed tomography and cross-sectional anatomy of the trunk in the brownbanded bamboo shark (*Chiloscyllium punctatum*). *Anat Histol Embryol*. 2023;52(3):437–47.
 20. Alves LCM, de Lima PN, Costa MS, et al. Morphological, histological and histochemical analysis of the digestive tract in Panga Pangasius hypophthalmus (Teleostei: Siluriformes). *Anat Histol Embryol*. 2025;54(2):e70026.
 21. Zehtabvar O, Vajhi A, Masoudifard M, et al. Anatomical study of pericardioperitoneal canal in immature beluga (*Huso huso*) with ultrasonography. *Vet Med Sci*. 2024;10(5):e1563.
 22. Hassan AA. Anatomy and histology of the digestive system of the carnivorous fish, the brown-spotted grouper *Epinephelus chlorostigma* (Pisces: Serranidae) from the Red Sea. *Life Sci J*. 2013;10(2):1–16.
 23. Chatchavalvanich K, Marcos R, Poonpirom J, et al. Histology of the digestive tract of the freshwater stingray *Himantura signifer*. *Anat Embryol*. 2006;211(5):507–18.
 24. Alves AP, Pereira RT, Rosa PV. Morphology of the digestive system in carnivorous freshwater dourado *Salminus brasiliensis*. *J Fish Biol*. 2021;99(4):1222–35.
 25. Faccioli CK, Chedid RA, Bombonato MTS, et al. Morphology and histochemistry of the liver of carnivorous fish *Hemisorubim platyrhynchos*. *Int J Morphol*. 2014;32(2):715–720.
 26. Bjørgen H, Koppang EO. Anatomy of teleost fish immune structures and organs. In: *Principles of Fish Immunology: From Cells and Molecules to Host Protection*. Springer; 2022. p. 1–30.
 27. Namulawa VT, Kato CD, Nyatia E, et al. Transmission electron microscopy of the gastrointestinal tract of Nile perch *Lates niloticus*. *Int J Morphol*. 2015;33(2):751–8.
 28. Nazlić M, Paladin A, Bočina I. Histology of the digestive system of the black scorpionfish *Scorpaena porcus* L. *Acta Adriat*. 2014;55(1):65–74.
 29. Shiojiri N, Kametani H, Ota N, et al. Phylogenetic analyses of the hepatic architecture in vertebrates. *J Anat*. 2018;232(2):200–13.
 30. Hanafy BG, Abumandour MM. Surface morphology of the oral cavity of redbelly tilapia *Coptodon zillii*. *BMC Vet Res*. 2025;21(1):179.
 31. Elgendy SA, Alsafy MA, Tanekhy M. Morphological characterization of the oral cavity of the gilthead seabream (*Sparus aurata*) with emphasis on the teeth-age adaptation. *Microsc Res Tech*. 2016;79(3):227–36.
 32. Ortiz-Ruiz M, López-Flórez C, Castro-Rebolledo MI, et al. Anatomy, histology and ultrastructure of the digestive tract in Andean fish (*Trichomycterus bogotensis*) and ecological implications. *Zoomorphology*. 2024;143(2):433–41.
 33. Ferry-Graham LA, Hernandez LP, Gibb AC, et al. Unusual kinematics and jaw morphology associated with piscivory in the poeciliid *Belonesox belizanus*. *Zoology*. 2010;113(3):140–7.
 34. Foster K, Bower L, Piller K. Getting in shape: habitat-based morphological divergence for two sympatric fishes. *Biol J Linn Soc*. 2015;114(1):152–62.
 35. Schmidt RC, Knobloch EC, Barrientos C. Cast netting new species: Integrative taxonomy of

- Distichodus notospilus discovers new species and overlooked areas of endemism in Central Africa. *Zootaxa*. 2021;4952(2):291–313.
36. Sidlauskas BL, Melo BF, Birindelli JL, et al. Molecular phylogenetics, a new classification, and a new genus of the Neotropical fish family Anostomidae. *Neotrop Ichthyol*. 2025;23(1):e240076.
37. Holzman R, Day SW, Mehta RS, et al. Jaw protrusion enhances forces exerted on prey by suction feeding fishes. *J R Soc Interface*. 2008;5(29):1445–57.
38. Maisey JG. The postorbital palatoquadrate articulation in elasmobranchs. *J Morphol*. 2008;269(8):1022–40.
39. Dean MN, Motta PJ. Anatomy and functional morphology of the feeding apparatus of the lesser electric ray *Narcine brasiliensis*. *J Morphol*. 2004;262(1):462–83.
40. Dearden RP, Mansuit R, Cuckovic A, et al. The morphology and evolution of chondrichthyan cranial muscles: a digital dissection of the elephantfish *Callorhynchus milii* and the catshark *Scyliorhinus canicula*. *J Anat*. 2021;238(5):1082–1105.
41. Aljalaud NA. Comparative anatomy study of teeth types in Barracuda and Tilapia fish. *Egypt J Aquat Biol Fish*. 2020;24(7 Suppl):1023–32.
42. Fishelson L, Baldwin CC, Hastings PA. Comparison of the oropharyngeal cavity in the Starksini (Teleostei: Blenniiformes: Labrisomidae): taste buds and teeth, including a comparison with closely related genera. *J Morphol*. 2012;273(6):618–28.
43. Gauchey S, Girard C, Adnet S, et al. Unsuspected functional disparity in Devonian fishes revealed by tooth morphometrics. *Naturwissenschaften*. 2014;101(9):735–43.
44. Yashpal M, Kumari U, Mittal S, et al. Surface architecture of the mouth cavity of a carnivorous fish *Rita rita* (Hamilton, 1822) (Siluriformes: Bagridae). *Belg J Zool*. 2006;136(2):155–62.
45. Purnell MA, Darras LP. 3D tooth microwear texture analysis in fishes as a test of dietary hypotheses of durophagy. *Surf Topogr Metrol Prop*. 2015;4(1):014006.
46. Abumandour MM, Hanafy BG. Biological aspect of the jaw system of meagre (*Argyrosomus regius*): new insights into jaw teeth distribution, characterization, and their relationship to its carnivorous behaviour. *Tissue Cell*. 2025;102944.
47. Bakaev AS, Bulanov VV, Kogan I, et al. Early ray-finned herbivores: the dental system of Eurypteroidei (Actinopterygii; Middle–Late Permian, European Russia) and implications for palaeobiology and palaeoecology. *Palaeontology*. 2024;67(3):e12700.
48. Delaunoy Y, Huby A, Malherbe C, et al. Microstructural and compositional variation in pacu and piranha teeth related to diet specialization (Teleostei: Serrasalminae). *J Struct Biol*. 2020;210(3):107509.
49. Rasch LJ, Martin KJ, Cooper RL, et al. An ancient dental gene set governs development and continuous regeneration of teeth in sharks. *Dev Biol*. 2016;415(2):347–70.
50. Thiery AP, Shono T, Kurokawa D, et al. Spatially restricted dental regeneration drives pufferfish beak development. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2017;114(22):E4425–34.
51. Bemis WE, Giuliano A, McGuire B. Structure, attachment, replacement, and growth of teeth in bluefish *Pomatomus saltatrix*, a teleost with deeply socketed teeth. *Zoology*. 2005;108(4):317–27.
52. Yashpal M, Kumari U, Mittal S, et al. Morphological specializations of the buccal cavity in relation to the food and feeding habit of a carp *Cirrhinus mrigala*: a scanning electron microscopic investigation. *J Morphol*. 2009;270(6):714–28.
53. Huertas V, Bellwood DR. Trophic separation in planktivorous reef fishes: a new role for mucus? *Oecologia*. 2020;192(3):813–22.
54. Tegge S, Hall J, Huskey S. Spatial and temporal changes in buccal pressure during prey capture in the trumpetfish (*Aulostomus maculatus*). *Zoomorphology*. 2020;139(1):85–95.
55. Nandi S, Saikia SK. Scanning electron microscopic and histological studies of the buccal cavity of a phytoplanktivorous freshwater fish *Amblypharyngodon mola*. *Microsc Res Tech*. 2021;84(1):119–24.

56. Elsheikh EH, Nasr ES, Gamal AM. Ultrastructure and distribution of taste buds in the buccal cavity in relation to the food and feeding habit of a herbivorous fish *Oreochromis niloticus*. *Tissue Cell*. 2012;44(3):164-69.
57. Rosa JT, Oralová V, Larionova D, et al. Periderm invasion contributes to epithelial formation in the teleost pharynx. *Sci Rep*. 2019;9:10082.
58. Vigliano FA, Aleman N, Quiroga MI, et al. Ultrastructural characterization of gills in juveniles of the Argentinian silverside *Odontesthes bonariensis* (Valenciennes, 1835). *Anat Histol Embryol*. 2006;35(2):76-83.
59. Alsafy MA, Abd-Elhafeez HH, Rashwan AM, et al. Anatomy, histology and morphology of fish gills in relation to feeding habits: a comparative review of marine and freshwater species. *BMC Zool*. 2025;10(1):3.
60. Abumandour M, Gewaily MS. Morphological studies on the gills of puffer fish (*Lagocephalus sceleratus* Gmelin, 1789). *Int J Morphol*. 2016;34(3):1050-60.
61. Jawad LA, Agha GF, Abdullah SM, et al. Morphology and morphometry of pharyngeal bone and teeth in cyprinid species from the Kurdistan Region, Iraq. *Anat Rec*. 2022;305(11):3356-66.
62. Sibbing FA. Specializations and limitations in the utilization of food resources by the carp *Cyprinus carpio*: a study of oral food processing. *Environ Biol Fishes*. 1988;22(3):161-78.
63. Imura K, Takeda A, Endo M, et al. Innervation and osteoclast distribution in the inferior pharyngeal jaw of the cichlid Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Anat Rec*. 2024;307(6):2139-48.
64. Johanson Z, Smith MM. Origin and evolution of gnathostome dentitions: a question of teeth and pharyngeal denticles in placoderms. *Biol Rev Camb Philos Soc*. 2005;80(2):303-45.
65. Johanson Z, Smith MM. Placoderm fishes, pharyngeal denticles, and the vertebrate dentition. *J Morphol*. 2003;257(3):289-307.
66. Renz AJ, Gunter HM, Fischer JM, et al. Ancestral and derived attributes of the *dlx* gene repertoire, cluster structure and expression patterns in an African cichlid fish. *EvoDevo*. 2011;2(1):1-15.
67. Galloway KA, Anderson PS, Wilga CD, et al. Performance of teeth of lingcod *Ophiodon elongatus* over ontogeny. *J Exp Zool A*. 2016;325(2):99-105.
68. da Silva JPCB. The morphology of the branchial skeleton of heterocongrines (Anguilliformes: Congridae) and its relation to their diet. *Zoology*. 2024;165:126185.
69. Marinsek GP, Viliod MCDL, Mari RDB. Ecomorphology of the digestive tract of the Brazilian electric ray *Narcine brasiliensis* (Torpediniformes: Narcinidae). *Acta Zool*. 2017;98(3):229-36.
70. Provini P, Brunet A, Filippo A, et al. In vivo intraoral waterflow quantification reveals hidden mechanisms of suction feeding in fish. *eLife*. 2022;11:e73621.
71. Camp AL, Van Wassenbergh S. A mechanical perspective on suction feeding in fishes. *J Exp Biol*. 2025;228(18):jeb250567.
72. Canan B, Nascimento WSD, Silva NBD, et al. Morphohistology of the digestive tract of the damselfish *Stegastes fuscus*. *Sci World J*. 2012;2012:787316.
73. Vidal MR, Ruiz TF, Dos Santos DD, et al. Morphological and histochemical characterisation of the mucosa of the digestive tract in matrinxã *Brycon amazonicus*. *J Fish Biol*. 2020;96(1):251-60.
74. Wołczuk K, Ostrowski M, Ostrowska A, et al. Structure of the alimentary tract in the Atlantic mudskipper *Periophthalmus barbarus*: anatomical, histological and ultrastructural studies. *Zoology*. 2018;128:38-45.
75. Agbugui MO, Abhulimen FE, Egbo HO. Gross anatomy and histological features of *Gymnarchus niloticus* from the River Niger. *Int J Zool*. 2021;2021:3151609.
76. Alabssawy AN, Khalaf-Allah HM, Gafar AA. Anatomical and histological adaptations of the digestive tract in relation to food and feeding habits of the lizardfish *Synodus variegatus*. *Egypt J Aquat Res*. 2019;45(2):159-65.
77. Palladino A, De Felice E, Attanasio C, et al. A morphological and ultrastructural study of the

- anterior digestive tract of adult Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Animals*. 2023;13(3):420.
78. Drummond JM, MacPherson J, Anderson WG, et al. The elasmobranch digestive system: current status and future directions. *J Exp Biol*. 2025;228(14):jeb249776.
 79. Diaz AO, Garcia AM, Figueroa DE, et al. The mucosa of the digestive tract in *Micropogonias furnieri*: a light and electron microscope approach. *Anat Histol Embryol*. 2008;37(4):251-56.
 80. Fu S, Qian K, Tu X, et al. Comparative analysis of intestinal structure, enzyme activity, intestinal microbiota and gene expression in different segments of pufferfish (*Takifugu obscurus*). *Comp Biochem Physiol D Genomics Proteomics*. 2024;52:101341.
 81. Pervin MA, Jahan H, Akter R, et al. Appraisal of different levels of soybean meal in diets on growth, digestive enzyme activity, antioxidation, and gut histology of tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Fish Physiol Biochem*. 2020;46(4):1397-1407.
 82. Gaetano P, Duarte V, Striberny A, et al. Photoperiod and dietary treatment in freshwater modulate the short-term intestinal response to seawater in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*. 2023;568:739316.
 83. Takahashi H, Sakamoto T, Hyodo S, et al. Expression of glucocorticoid receptor in the intestine of a euryhaline teleost, the Mozambique tilapia (*Oreochromis mossambicus*): effect of seawater exposure and cortisol treatment. *Life Sci*. 2006;78(20):2329-35.
 84. Icardo JM, Wong WP, Colvée E, et al. The anatomy of the gastrointestinal tract of the African lungfish, *Protopterus annectens*. *Anat Rec*. 2010;293(7):1146-54.
 85. Gosavi SM, Verma CR, Kharat SS, et al. Structural adequacy of the digestive tract supports dual feeding habit in catfish *Pachypterus khavalthor* (Siluriformes: Horabagridae). *Acta Histochem*. 2019;121(4):437-49.
 86. Debnath S, Saikia SK. Absorption of protein in teleosts: a review. *Fish Physiol Biochem*. 2021;47(2):313-26.
 87. Day RD, Tibbetts IR, Secor SM. Physiological responses to short-term fasting among herbivorous, omnivorous, and carnivorous fishes. *J Comp Physiol B*. 2014;184(4):497-512.
 88. Javonillo R, Burns JR, Weitzman SH. Reproductive morphology of *Brittanicthys axelrodi* (Teleostei: Characidae), a miniature inseminating fish from South America. *J Morphol*. 2007;268(1):23-32.
 89. Onwude AM, Joshua OS. The mouth and gastrointestinal tract of the African lung fish *Protopterus annectens* (Owen 1839) in River Niger at Agenebode, Edo State Nigeria. *Egypt J Aquat Biol Fish*. 2019;23(4):181-8.
 90. Maters BR, Stevenson E, Vize PD. Embryonic and aglomerular kidney development in the bay pipefish, *Syngnathus leptorhynchus*. *PLoS One*. 2022;17(5):e0267932.
 91. Dzyuba V, Ninhaus-Silveira A, Veríssimo-Silveira R, et al. Sperm antioxidant system in ocellate river stingray *Potamotrygon motoro* at transition from seminal vesicle to cloaca. *Fish Physiol Biochem*. 2020;46(6):1975-80.
 92. Campuzano-Caballero JC, Uribe MC. Functional morphology of the gonoduct of the viviparous teleost *Poeciliopsis gracilis* (Heckel, 1848) (Poeciliidae). *J Morphol*. 2017;278(12):1647-55.
 93. Bombonato MTS, Rochel SS, Vicentini CA, et al. Morphological study of the hepatic tissue of *Leporinus macrocephalus*. *Acta Sci Biol Sci*. 2007;29(1):81-5.
 94. Faccioli CK, Chedid RA, Bombonato MTS, et al. Morphology and histochemistry of the liver of carnivorous fish *Hemisorubim platyrhynchos*. *Int J Morphol*. 2014;32(2):715-20.
 95. Hongjing L, Congxin X, Dapeng L, et al. Exo-celiac liver in *Glyptosternum maculatum*. *Prog Nat Sci*. 2007;17(9):1109-1113.
 96. Mokhtar DM. Cellular and stromal elements organization in the liver of grass carp, *Ctenopharyngodon idella* (Cypriniformes: Cyprinidae). *Micron*. 2018;112:1-14.
 97. Froman N, Genain MA, Stevens GM, et al. Use of underwater contactless ultrasonography to elucidate the internal anatomy and reproductive activity of manta and devil rays (family: Mo-

- bulidae). *J Fish Biol.* 2023;103(2):305–23.
98. Akiyoshi H, Inoue A. Comparative histological study of teleost livers in relation to phylogeny. *Zoolog Sci.* 2004;21(8):841–50.
 99. Boyer JL, Schwarz J, Smith N. Biliary secretion in elasmobranchs. I. Bile collection and composition. *Am J Physiol.* 1976;230(4):970–3.
 100. Shiojiri N, Hirose H, Ota N, et al. Changes of biliary cilia, smooth muscle tissue distribution, innervation and extracellular matrices during morphological evolution of hepatic architectures in vertebrates. *Ann Anat.* 2023;250:152148.
 101. Oldham-Ott CK, Gilloteaux J. Comparative morphology of the gallbladder and biliary tract in vertebrates: variation in structure, homology in function and gallstones. *Microsc Res Tech.* 1997;38(6):571–97.
 102. Cornelius CE. Bile pigments in fishes: a review. *Vet Clin Pathol.* 1991;20(4):106–16.
 103. Bruslé J, Anadon GG. The structure and function of fish liver. In: *Fish morphology*. Routledge; 2017. p. 77–93.
 104. Horalskyi LP, Demus NV, Sokulskyi IM, et al. Histological and ultramicroscopic features of the liver of *Hypophthalmichthys nobilis*. *Regul Mech Biosyst.* 2025;16(2):e25053.
 105. Hussein MM, Sayed RK, Mokhtar DM. Structural and immunohistochemical analysis of the cellular compositions of the liver of molly fish (*Poecilia sphenops*), focusing on its immune role. *Zool Lett.* 2023;9(1):1.
 106. Sousa S, Rocha MJ, Rocha E. Characterization and spatial relationships of the hepatic vascular–biliary tracts, and their associated pancreocytes and macrophages, in the model fish guppy (*Poecilia reticulata*): A study of serial sections by light microscopy. *Tissue Cell.* 2018;50:104–13.
 107. Taylor RS, Ruiz Daniels R, Dobie R, et al. Single cell transcriptomics of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) liver reveals cellular heterogeneity and immunological responses to challenge by *Aeromonas salmonicida*. *Front Immunol.* 2022;13:984799.
 108. Mokhtar DM. Histological, histochemical and ultrastructural characterization of the pancreas of the grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). *Eur J Anat.* 2015;19(2):145–53.
 109. Mulley JF, Hargreaves AD, Hegarty MJ, et al. Transcriptomic analysis of the lesser spotted catshark (*Scyliorhinus canicula*) pancreas, liver and brain reveals molecular level conservation of vertebrate pancreas function. *BMC Genomics.* 2014;15:1074.
 110. Chanet B, Schnell NK, Guintard C, et al. Anatomy of the endocrine pancreas in actinopterygian fishes and its phylogenetic implications. *Sci Rep.* 2023;13:22501.
 111. Ghosh SK, Chakrabarti P. Comparative studies on histology and histochemistry of pancreas between *Labeo calbasu* (Hamilton, 1822) and *Mystus gulio* (Hamilton, 1822). *Iran J Ichthyol.* 2016;3(4):251–65.
 112. Murray HM, Perez-Casanova JC, Gallant JW, et al. Trypsinogen expression during the development of the exocrine pancreas in winter flounder (*Pleuronectes americanus*). *Comp Biochem Physiol A.* 2004;138(1):53–9.
 113. Murray HM, Gallant JW, Johnson SC, et al. Cloning and expression analysis of three digestive enzymes from Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) during early development: predicting gastrointestinal functionality. *Aquaculture.* 2006;252(2–4):394–408.
 114. Karkit MW, Salem HF, Bareedy MH, et al. Unique localization of disseminated pancreas in the oesophagus of catfish (*Clarias gariepinus*) with reference to sexual dimorphism. *Anat Histol Embryol.* 2021;50(3):594–603.
 115. Weinrauch AM, Fehrman F, Anderson WG. Sustained endocrine and exocrine function in the pancreas of the Pacific spiny dogfish post-feeding. *Fish Physiol Biochem.* 2022;48(3):645–57.
 116. Verma CR, Gorule PA, Kumkar P, et al. Morpho-histochemical adaptations of the digestive tract in Gangetic mud-eel *Ophichthys cuchia* (Hamilton 1822) support utilization of mud-dwelling prey. *Acta Histochem.* 2020;122(7):151602.
 117. Duque-Correa MJ, Clements KD, Meloro C, et al. Diet and habitat as determinants of intestine

- length in fishes. *Rev Fish Biol Fish.* 2024;34(3):1017–34.
118. Borlongan IG, Coloso RM, Golez NV. Feeding habits and digestive physiology of fishes. In: *Nutrition in Tropical Aquaculture: Essentials of fish nutrition, feeds, and feeding of tropical aquatic species.* 2002. p. 77–97.
 119. Alsafy MA, El-Gendy SA, El-Bakary NE, et al. Morphological comparison of the detailed structure of gill rakers from three different feeding habits of marine fish species. *Zoomorphology.* 2023;142(1):87–97.
 120. Soria-Barreto M, Rodiles-Hernández R, Winemiller KO. Trophic ecomorphology of cichlid fishes of Selva Lacandona, Usumacinta, Mexico. *Environ Biol Fishes.* 2019;102(7):985–96.
 121. Ghadam M, Ebrahimzadeh Mousavi HA, Rahmati-Holasoo H, et al. Comparative study of the circulatory system of common carp (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758) and beluga (*Huso huso* Linnaeus, 1758): a corrosion cast study. *J Appl Ichthyol.* 2016;32(1):11–7.
 122. Santos ALQ, Brito FMM, Bosso ACS, et al. Anatomical behavior of the celiacomesenteric artery of pirarucu *Arapaima gigas* Cuvier, 1817 (*Osteoglossiforme*, *Arapaimidae*). *Int J Morphol.* 2007;25(4):683—687.
 123. Riddle MR, Boesmans W, Caballero O, et al. Morphogenesis and motility of the *Astyanax mexicanus* gastrointestinal tract. *Dev Biol.* 2018;441(2):285–96.
 124. Liu Y, Wang Z. A study on structural characteristics of intestinal tract of the air-breathing loach, *Paramisgurnus dabryanus* (Sauvage, 1878). *Pak J Zool.* 2017;49(4):1223—1230.
 125. Seth H, Axelsson M. Sympathetic, parasympathetic and enteric regulation of the gastrointestinal vasculature in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) under normal and postprandial conditions. *J Exp Biol.* 2010;213(18):3118–26.

BÖLÜM 2

BALIKLARDA SINDİRİM FİZYOLOJİSİ

*Durmuş ATILGAN*¹
*Atakan BUNDUR*²

GİRİŞ

Balıklar arasında sindirim kanalının morfolojisinde büyük çeşitlilikler bulunmakla birlikte sindirim kanalı ağız, ağız boşluğu, farinks (yutak), özofagus (yemek borusu), mide, bağırsak, anüs ve diğer ilişkili organlardan oluşur. Balıklarda sindirim fizyolojisi hakkındaki bilgilerin büyük kısmı mideli (gastrik) türlerle ilgilidir; midesiz (agastrik) balıkların sindirim kanalının biçimi ve işlevi hakkında ise literatürde nispeten daha sınırlı bilgi mevcuttur. Mide yapısı türler arasında farklılık gösterir; bazı balıklar mideli, bazıları ise midesizdir. Midesiz balıklarda sindirim ve emilim çoğunlukla ön bağırsakta (proksimal bağırsak) gerçekleşir [1].

Özofagus

Besin farinksten ayrıldıktan sonra özofagusa geçer. Özofagus, mideye sahip olan balıklarda mideye, midesiz balıklarda ise doğrudan bağırsağa bağlanır. Kısa, kaslı ve esnek bir tüp olan özofagusun mukozal epitelinde goblet hücreleri bulunur ve mukus salgılar. Salgılanan bu mukus, kayganlaştırıcı işlev görerek besin maddelerinin taşınmasını kolaylaştırır, ayrıca mekanik hasara karşı özofagusu korur. Bazı türlerde mukusun ön sindirim işlevi gördüğü de bildirilmiştir [2, 3]. Özofagusun peristaltik hareketleri, besinlerin geçişini kolaylaştıran bir diğer kritik faktördür [4]. Özellikle deniz balıklarında (örneğin Atlantik somonu, *Salmo salar*), özofagus osmoregülasyonda önemli bir rol oynar. Na⁺/H⁺ değiştiriciler (NHE2 ve NHE3) gibi iyon taşıyıcılarının yardımıyla, içilen deniz suyunun aşırı tuzunu aktif olarak azaltarak suyun bağırsakta verimli bir şekilde emilmesini kolaylaştırır [5, 6].

¹ Araş. Gör. Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Fizyoloji AD., datilgan@ankara.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-2976-2071

² Araş. Gör. Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları AD., abundur@ankara.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-3916-2635

KAYNAKLAR

1. Le, H.T., et al., *Intestinal function of the stomachless fish, ballan wrasse (Labrus bergylta)*. Frontiers in Marine Science, 2019. **6**: p. 140.
2. LS, S., *Digestive functions in teleost fishes*. Fish nutrition, 1989: p. 331–421.
3. Shalaby, W., *Comparative morphological and histological studies on the adaptation of esophagus and stomach to the feeding habits in some coral reef fishes at Hurghada, Red Sea, Egypt*. Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries, 2020. **24**(5): p. 289–306.
4. Palladino, A., et al., *A morphological and ultrastructural study of the anterior digestive tract of adult nile tilapia oreochromis niloticus*. Animals, 2023. **13**(3): p. 420.
5. Breves, J.P., et al., *Transcriptional regulation of esophageal, intestinal, and branchial solute transporters by salinity, growth hormone, and cortisol in Atlantic salmon*. Journal of Experimental Zoology Part A: Ecological and Integrative Physiology, 2024. **341**(1): p. 107–117.
6. Richardson, S., et al., *Esophageal expression of Na⁺/H⁺ exchanger 2 and-3 (nhe2 and-3) gene transcripts in Atlantic salmon during smoltification and seawater acclimation*. Physiology, 2023. **38**(S1): p. 5731352.
7. Bakke, A.M., C. Glover, and Å. Krogdahl, *Feeding, digestion and absorption of nutrients*, in *Fish physiology*. 2010, Elsevier. p. 57–110.
8. Alves, L.C.M., et al., *Morphological, Histological and Histochemical Analysis of the Digestive Tract in Panga Pangasius hypophthalmus (Teleostei: Siluriformes)*. Anatomia, Histologia, Embryologia, 2025. **54**(2): p. e70026.
9. Mokhtar, D.M., M.M. Hussein, and R.K. Sayed, *Novel identification and microscopy of the intestinal bulb of molly fish (Poecilia sphenops) with a focus on its role in immunity*. Microscopy and Microanalysis, 2022. **28**(5): p. 1827–1839.
10. Mokhtar, D.M., E.A. Abd-Elhafez, and A.H. Hassan, *Microanalysis of the intestinal bulb of grass carp (Ctenopharyngodon idella): Histological, histochemical, immunohistochemical, and scanning electron microscopical studies*. Microscopy and Microanalysis, 2021. **27**(6): p. 1564–1572.
11. Purushothaman, K., et al., *Morpho-histological characterisation of the alimentary canal of an important food fish, Asian seabass (Lates calcarifer)*. PeerJ, 2016. **4**: p. e2377.
12. Buddington, R.K. and J.M. Diamond, *Pyloric ceca of fish: a "new" absorptive organ*. American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology, 1987. **252**(1): p. G65–G76.
13. Tlak Gajger, I., et al., *Histochemical Analysis and Distribution of Digestive Enzymes in the Gastrointestinal System of the European Barracuda Sphyræna sphyræna (Linnaeus, 1758)*. Animals, 2024. **14**(19): p. 2798.
14. Cho, J.-H., et al., *Morphology, histology, and histochemistry of the digestive tract of the marbled flounder Pseudopleuronectes yokohamae*. Animals, 2023. **13**(5): p. 936.
15. Denstadli, V., et al., *Lipid absorption in different segments of the gastrointestinal tract of Atlantic salmon (Salmo salar L.)*. Aquaculture, 2004. **240**(1-4): p. 385–398.
16. Veillette, P.A., et al., *Osmoregulatory physiology of pyloric ceca: regulated and adaptive changes in chinook salmon*. Journal of Experimental Zoology Part A: Comparative Experimental Biology, 2005. **303**(7): p. 608–613.
17. Ballesteros, N.A., et al., *The pyloric caeca area is a major site for IgM⁺ and IgT⁺ B cell recruitment in response to oral vaccination in rainbow trout*. PLoS One, 2013. **8**(6): p. e66118.
18. Jiao, F., et al., *A comparison of digestive strategies for fishes with different feeding habits: Digestive enzyme activities, intestinal morphology, and gut microbiota*. Ecology and Evolution, 2023. **13**(9): p. e10499.
19. Liu, Y., G. He, and H. Zhou, *Substitution system of animal and plant protein source in aquatic feed and its relationship with feeding habits of cultured fish*. Hebei Fisheries, 2014. **8**: p. 54–57.
20. Bryan, P.G., *Food habits, functional digestive morphology, and assimilation efficiency of the rabbitfish Siganus spinus (Pisces, Siganidae) on Guam*. 1975.

21. Banan Khojasteh, S.M., *The morphology of the post-gastric alimentary canal in teleost fishes: a brief review*. Int. J. of Aquatic Science, 2012. 3(2): p. 71–88.
22. Day, R.D., I.R. Tibbetts, and S.M. Secor, *Physiological responses to short-term fasting among herbivorous, omnivorous, and carnivorous fishes*. Journal of Comparative Physiology B, 2014. 184(4): p. 497–512.
23. Genten, F., E. Trewinghe, and A. Danguy, *Digestive system*. Atlas of Fish Histology, Science Publishers, 2009: p. 75–91.
24. Guillaume, J., *Nutrition and feeding of fish and crustaceans*. 2001: Springer Science & Business Media.
25. Hardy, R.W. and S.J. Kaushik, *Fish nutrition*. 2021: Academic press.
26. Verdile, N., et al., *A detailed study of rainbow trout (Onchorhynchus mykiss) intestine revealed that digestive and absorptive functions are not linearly distributed along its length*. Animals, 2020. 10(4): p. 745.
27. Qi, Z., et al., *The Structure of Digestive Tract Coordinating Digestion and Respiration in an Air-Breathing Weatherloach, Misgurnus anguillicaudatus*. Biology, 2024. 13(6): p. 381.
28. Ray, A.K. and E. Ringø, *The gastrointestinal tract of fish*. Aquaculture nutrition: Gut health, probiotics and prebiotics, 2014: p. 1–13.
29. GHOSH, S.K. and P. CHAKRABARTI, *Comparative studies on histology and histochemistry of pancreas between Labeo calbasu (Hamilton, 1822) and Mystus gulio (Hamilton, 1822)*. Iranian Journal of Ichthyology, 2016. 3(4): p. 251–265.
30. Geyer, H., M.M. Nel, and J. Swanepoel, *Histology and ultrastructure of the hepatopancreas of the tigerfish, Hydrocynus forskahlii*. Journal of Morphology, 1996. 227(1): p. 93–100.
31. Senoo, H., *The Laboratory Rat-Handbook of Experimental Animals by George J.* 2000, Krinke Academic Press.
32. Hussein, M.M., R.K. Sayed, and D.M. Mokhtar, *Structural and immunohistochemical characterization of pancreas of Molly fish (Poecilia sphenops), with a special reference to its immune role*. Microscopy Research and Technique, 2023. 86(12): p. 1667–1680.
33. Ichlasul Akmal, A.M., S.R. Laila, and T. Wresdiyati, *HISTOMORPHOLOGY OF PANCREATIC TISSUE IN MEDAKA FISH (Oryzias javanicus): STUDY OF DIABETIC ANIMAL MODEL DEVELOPMENT*. Indonesian Journal of Veterinary Science/Jurnal Kedokteran Hewan, 2023. 17(1).
34. Cheng, C.-H.C., P.A. Cziko, and C.W. Evans, *Nonhepatic origin of notothenioid antifreeze reveals pancreatic synthesis as common mechanism in polar fish freezing avoidance*. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2006. 103(27): p. 10491–10496.
35. Rocha, E. and R.A. Monteiro, *Histology and cytology of fish liver: a review*. 1999.
36. Попова, О. and Л. Агафонова, *Особенности метаболизма желчных кислот у рыб*. Международный вестник ветеринарии, 2022(1): p. 61–65.
37. Hofer, R., *The adaptation of digestive enzymes to temperature, season and diet in roach, Rutilus rutilus and rudd Scardinius erythrophthalmus; Proteases*. Journal of Fish Biology, 1979. 15(4): p. 373–379.
38. Li, H., et al., *Comparison of growth, digestive enzyme activity, immune response and intestinal microbiota in large yellow croaker (Larimichthys crocea) with different sizes*. Aquaculture Reports, 2024. 36: p. 102059.
39. Bone, Q. and R. Moore, *Biology of fishes*. 2008: Taylor & Francis.
40. Karasov, W.H., *Tests of the adaptive modulation hypothesis for dietary control of intestinal nutrient transport*. American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology, 1992. 263(3): p. R496–R502.
41. Hani, Y.M.I., et al., *Digestive enzymes and gut morphometric parameters of threespine stickleback (Gasterosteus aculeatus): Influence of body size and temperature*. PLoS One, 2018. 13(4): p. e0194932.

42. Bowyer, J.N., et al., *Temperature and dissolved oxygen influence growth and digestive enzyme activities of yellowtail kingfish *Seriola lalandi* (V alenciennes, 1833)*. Aquaculture Research, 2014. **45**(12): p. 2010–2020.
43. Kofuji, P.Y.M., et al., *Seasonal changes in proteolytic enzymes of yellowtail *Seriola quinqueradiata* (Temminck & Schlegel; Carangidae) fed extruded diets containing different protein and energy levels*. Aquaculture Research, 2005. **36**(7): p. 696–703.
44. Martinez-Llorens, S., et al., *Digestive tract morphology and enzyme activities of juvenile diploid and triploid Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed fishmeal-based diets with or without fish protein hydrolysates*. PloS one, 2021. **16**(1): p. e0245216.
45. Diaz-López, M., et al., *Characterization of fish acid proteases by substrate–gel electrophoresis*. Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology, 1998. **121**(4): p. 369–377.
46. Torrisen, K.R. and R. Male, *Trypsin isozymes: Development, digestion, and structure*. FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY-NEW YORK-MARCEL DEKKER-, 2000: p. 215–270.
47. Day, R.D., et al., *Enzymatic digestion in stomachless fishes: how a simple gut accommodates both herbivory and carnivory*. Journal of Comparative Physiology B, 2011. **181**(5): p. 603–613.
48. García-Meílán, I., et al., *Effects of dietary protein-to-lipid ratio on digestive and absorptive processes in sea bass fingerlings*. Aquaculture, 2016. **463**: p. 163–173.
49. Heu, M., H. Kim, and J. Pyeun, *Comparison of trypsin and chymotrypsin from the viscera of anchovy, *Engraulis japonica**. Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology, 1995. **112**(3): p. 557–567.
50. Natale, S., et al., *First insight into temporal variation of digestive enzyme activities in flathead grey mullet (*Mugil cephalus*) during the on-growing phase*. Aquaculture Reports, 2025. **41**: p. 102652.
51. Sheng, Z., et al., *Functional properties of protein hydrolysates on growth, digestive enzyme activities, protein metabolism, and intestinal health of larval largemouth bass (*Micropterus salmoides*)*. Frontiers in Immunology, 2022. **13**: p. 913024.
52. Debnath, S. and S.K. Saikia, *Absorption of protein in teleosts: a review*. Fish Physiology and Biochemistry, 2021. **47**(2): p. 313–326.
53. Krogdahl, Å. and A.M. Bakke-McKellep, *Fasting and refeeding cause rapid changes in intestinal tissue mass and digestive enzyme capacities of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.)*. Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology, 2005. **141**(4): p. 450–460.
54. Verri, T., et al., *Transport of di- and tripeptides in teleost fish intestine*. Aquaculture Research, 2010. **41**(5): p. 641–653.
55. Storelli, C., et al., *Brush-border amino acid transport mechanisms in carnivorous eel intestine*. American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology, 1989. **257**(3): p. R506–R510.
56. Kaushik, S.J. and I. Seiliez, *Protein and amino acid nutrition and metabolism in fish: current knowledge and future needs*. Aquaculture research, 2010. **41**(3): p. 322–332.
57. Christensen, H.N., *Role of amino acid transport and countertransport in nutrition and metabolism*. Physiological reviews, 1990. **70**(1): p. 43–77.
58. Orozco, Z.G.A., et al., *Spatial mRNA expression and response to fasting and refeeding of neutral amino acid transporters *slc6a18* and *slc6a19a* in the intestinal epithelium of Mozambique tilapia*. Frontiers in physiology, 2018. **9**: p. 212.
59. To, V.P., K. Masagounder, and M.E. Loewen, *SLC transporters ASCT2, B0AT1-like, γ^+ LAT1, and LAT4-like associate with methionine electrogenic and radio-isotope flux kinetics in rainbow trout intestine*. Physiological Reports, 2019. **7**(21): p. e14274.
60. Vacca, F., et al., *The teleost fish *PepT1*-type peptide transporters and their relationships with neutral and charged substrates*. Frontiers in Physiology, 2023. **14**: p. 1186475.
61. Zhang, X., et al., *Temperature regulated nutrient sensing and metabolism of amino acids in juvenile*

- nile turbot (Scophthalmus maximus L.)*. Marine Life Science & Technology, 2025: p. 1–14.
62. Kanai, Y. and M.A. Hediger, *The glutamate/neutral amino acid transporter family SLC1: molecular, physiological and pharmacological aspects*. Pflügers Archiv, 2004. **447**(5): p. 469–479.
63. Comesaña, S., et al., *Amino acid carriers of the solute carrier families 7 (SLC7) and 38 (SLC38) are involved in leucine sensing in the brain of Atlantic salmon (Salmo salar)*. Frontiers in Marine Science, 2021. **8**: p. 711508.
64. Verrey, F., *System L: heteromeric exchangers of large, neutral amino acids involved in directional transport*. Pflügers Archiv, 2003. **445**(5): p. 529–533.
65. Broer, S., *Amino acid transport across mammalian intestinal and renal epithelia*. Physiological reviews, 2008. **88**(1): p. 249–286.
66. Yang, J., et al., *Cloning and molecular characterization of cationic amino acid transporter y+LAT1 in grass carp (Ctenopharyngodon idellus)*. Fish physiology and biochemistry, 2014. **40**(1): p. 93–104.
67. Hyde, R., P.M. Taylor, and H.S. Hundal, *Amino acid transporters: roles in amino acid sensing and signalling in animal cells*. Biochemical Journal, 2003. **373**(1): p. 1–18.
68. Tocher, D.R., *Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish*. Reviews in fisheries science, 2003. **11**(2): p. 107–184.
69. Kurtovic, I., et al., *Lipases from mammals and fishes*. Reviews in fisheries science, 2009. **17**(1): p. 18–40.
70. Nolasco-Soria, H., et al., *Optimization of Classical Lipase Activity Assays for Fish Digestive Tract Samples*. Fishes, 2024. **9**(7): p. 261.
71. Bolsoni-Lopes, A. and M.I.C. Alonso-Vale, *Lipolysis and lipases in white adipose tissue—An update*. Archives of endocrinology and metabolism, 2015. **59**: p. 335–342.
72. Lafontan, M. and D. Langin, *Lipolysis and lipid mobilization in human adipose tissue*. Progress in lipid research, 2009. **48**(5): p. 275–297.
73. Sun, J., et al., *Lipolytic enzymes involving lipolysis in Teleost: Synteny, structure, tissue distribution, and expression in grass carp (Ctenopharyngodon idella)*. Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology, 2016. **198**: p. 110–118.
74. Morais, S., et al., *Dietary neutral lipid level and source in marine fish larvae: effects on digestive physiology and food intake*. Aquaculture, 2007. **268**(1-4): p. 106–122.
75. Tocher, D.R., *Fatty acid requirements in ontogeny of marine and freshwater fish*. Aquaculture research, 2010. **41**(5): p. 717–732.
76. Sheridan, M.A., *Lipid dynamics in fish: aspects of absorption, transportation, deposition and mobilization*. Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry, 1988. **90**(4): p. 679–690.
77. Eslamloo, K., et al., *Transcriptome profiling of antiviral immune and dietary fatty acid dependent responses of Atlantic salmon macrophage-like cells*. BMC genomics, 2017. **18**(1): p. 706.
78. Agulleiro, M.J., et al., *High transcript level of fatty acid-binding protein 11 but not of very low-density lipoprotein receptor is correlated to ovarian follicle atresia in a teleost fish (Solea senegalensis)*. Biology of reproduction, 2007. **77**(3): p. 504–516.
79. Wang, Y., et al., *Effects of nutritional status and diet composition on fatty acid transporters expression in zebrafish (Danio rerio)*. Aquaculture Research, 2019. **50**(3): p. 904–914.
80. Esteves, A., et al., *Fatty acid binding proteins have the potential to channel dietary fatty acids into enterocyte nuclei [S]*. Journal of lipid research, 2016. **57**(2): p. 219–232.
81. Selvam, C., et al., *Intracellular trafficking of fatty acids in the fish intestinal epithelial cell line RTgutGC*. Frontiers in Marine Science, 2022. **9**: p. 954773.
82. Oxley, A., et al., *Enzyme activities of intestinal triacylglycerol and phosphatidylcholine biosynthesis in Atlantic salmon (Salmo salar L.)*. Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology, 2005. **141**(1): p. 77–87.
83. Enes, P., et al., *Nutritional regulation of hepatic glucose metabolism in fish*. Fish physiology and

- biochemistry, 2009. **35**(3): p. 519–539.
84. Krogdahl, Å., G.I. Hemre, and T. Mommsen, *Carbohydrates in fish nutrition: digestion and absorption in postlarval stages*. Aquaculture nutrition, 2005. **11**(2): p. 103–122.
 85. Spiro, R.G., *Protein glycosylation: nature, distribution, enzymatic formation, and disease implications of glycopeptide bonds*. Glycobiology, 2002. **12**(4): p. 43R–56R.
 86. Kuz'mina, V.V., *Classical and modern concepts in fish digestion*. Feeding and digestive functions of fishes, 2008: p. 85–154.
 87. Goel, K., *Carbohydrase activity in the digestive system of some teleost fishes*. Acta Physiologica Academiae Scientiarum Hungaricae, 1975. **46**(3): p. 191–196.
 88. Agrawal, V., K. Sastry, and S. Kaushab, *Digestive enzymes of three teleost fishes*. Acta Physiologica Academiae Scientiarum Hungaricae, 1975. **46**(2): p. 93–98.
 89. Weinrauch, A.M., C.M. Schaefer, and G.G. Goss, *Activity and post-prandial regulation of digestive enzyme activity along the Pacific hagfish (*Eptatretus stoutii*) alimentary canal*. PLoS One, 2019. **14**(4): p. e0215027.
 90. Steinmann, K., et al., *How They Eat: An Examination of Digestive Physiology of Sympatric Prickleback Fishes*. Physiology, 2024. **39**(S1): p. 2151.
 91. Sari, D.N., et al., *High carbohydrate increases amylase, plasma glucose, and gene expression related to glycolysis in giant gourami *Osphronemus goramy**. Fish Physiology and Biochemistry, 2022. **48**(6): p. 1495–1505.
 92. Kuz'Mina, V., *Influence of age on digestive enzyme activity in some freshwater teleosts*. Aquaculture, 1996. **148**(1): p. 25–37.
 93. Choct, M., *Feed non-starch polysaccharides: chemical structures and nutritional significance*. Feed milling international, 1997. **191**(1): p. 13–26.
 94. Stone, D.A., *Dietary carbohydrate utilization by fish*. Reviews in fisheries Science, 2003. **11**(4): p. 337–369.
 95. Sinha, A.K., et al., *Non-starch polysaccharides and their role in fish nutrition—A review*. Food Chemistry, 2011. **127**(4): p. 1409–1426.
 96. Maas, R.M., et al., *Carbohydrate utilisation by tilapia: a meta-analytical approach*. Reviews in Aquaculture, 2020. **12**(3): p. 1851–1866.
 97. Das, K. and S. Tripathi, *Studies on the digestive enzymes of grass carp, *Ctenopharyngodon idella* (Val.)*. Aquaculture, 1991. **92**: p. 21–32.
 98. German, D.P. and R.A. Bittong, *Digestive enzyme activities and gastrointestinal fermentation in wood-eating catfishes*. Journal of Comparative Physiology B, 2009. **179**(8): p. 1025–1042.
 99. Logothetis, E., M. Horn, and K. Dickson, *Gut morphology and function in *Atherinops affinis* (Teleostei: Atherinopsidae), a stomachless omnivore feeding on macroalgae*. Journal of Fish Biology, 2001. **59**(5): p. 1298–1312.
 100. Crossman, D.J., J.H. Choat, and K.D. Clements, *Nutritional ecology of nominally herbivorous fishes on coral reefs*. Marine Ecology Progress Series, 2005. **296**: p. 129–142.
 101. Horn, M., et al., *Structure and function of the stomachless digestive system in three related species of New World silverside fishes (Atherinopsidae) representing herbivory, omnivory, and carnivory*. Marine Biology, 2006. **149**(5): p. 1237–1245.
 102. German, D.P., *Do herbivorous minnows have “plug-flow reactor” guts? Evidence from digestive enzyme activities, gastrointestinal fermentation, and luminal nutrient concentrations*. Journal of Comparative Physiology B, 2009. **179**(6): p. 759–771.
 103. Manjakasy, J.M., et al., *Functional morphology of digestion in the stomachless, piscivorous needlefishes *Tylosurus gavioides* and *Strongylura leiura ferox* (Teleostei: Beloniformes)*. Journal of Morphology, 2009. **270**(10): p. 1155–1165.
 104. Solovyev, M., E. Kashinskaya, and E. Gisbert, *A meta-analysis for assessing the contributions of trypsin and chymotrypsin as the two major endoproteases in protein hydrolysis in fish intestine*. Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology, 2023.

- 278: p. 111372.
105. Wilson, R.á., *Utilization of dietary carbohydrate by fish*. Aquaculture, 1994. **124**(1-4): p. 67–80.
106. Kamalam, B.S., F. Medale, and S. Panserat, *Utilisation of dietary carbohydrates in farmed fishes: new insights on influencing factors, biological limitations and future strategies*. Aquaculture, 2017. **467**: p. 3–27.
107. Polakof, S., et al., *Glucose metabolism in fish: a review*. Journal of Comparative Physiology B, 2012. **182**(8): p. 1015–1045.
108. Zhang, Y., et al., *A comparative genomics study of carbohydrate/glucose metabolic genes: from fish to mammals*. BMC genomics, 2018. **19**(1): p. 246.
109. Blanco, A.M., et al., *Ghrelin facilitates GLUT2-, SGLT1-and SGLT2-mediated intestinal glucose transport in goldfish (Carassius auratus)*. Scientific Reports, 2017. **7**(1): p. 45024.
110. Liang, H., et al., *Molecular characterization and identification of facilitative glucose transporter 2 (GLUT2) and its expression and of the related glycometabolism enzymes in response to different starch levels in blunt snout bream (Megalobrama amblycephala)*. Fish physiology and biochemistry, 2018. **44**(3): p. 869–883.
111. Karasov, W.H. and C. Martínez del Río, *Physiological ecology: how animals process energy, nutrients, and toxins*. 2020.
112. Sitjà-Bobadilla, A., et al., *Disruption of gut integrity and permeability contributes to enteritis in a fish-parasite model: a story told from serum metabolomics*. Parasites & vectors, 2019. **12**(1): p. 486.
113. Zhang, Y., et al., *Effects of high carbohydrate diet-modulated microbiota on gut health in Chinese perch*. Frontiers in Microbiology, 2020. **11**: p. 575102.
114. Zhou, Y.-L., et al., *High dietary starch impairs intestinal health and microbiota of largemouth bass, Micropterus salmoides*. Aquaculture, 2021. **534**: p. 736261.
115. Soengas, J.L., et al., *Glucokinase and hexokinase expression and activities in rainbow trout tissues: changes with food deprivation and refeeding*. American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology, 2006. **291**(3): p. R810–R821.
116. Dholariya, S.J. and J.A. Orrick, *Biochemistry, fructose metabolism*. 2022.
117. Haskovic, M., et al., *Nucleotide sugar profiles throughout development in wildtype and galt knockout zebrafish*. Journal of Inherited Metabolic Disease, 2020. **43**(5): p. 994–1001.
118. Peña-Llopis, S., M.D. Ferrando, and J.B. Peña, *Fish tolerance to organophosphate-induced oxidative stress is dependent on the glutathione metabolism and enhanced by N-acetylcysteine*. Aquatic Toxicology, 2003. **65**(4): p. 337–360.
119. Panserat, S., E. Plagnes-Juan, and S. Kaushik, *Nutritional regulation and tissue specificity of gene expression for proteins involved in hepatic glucose metabolism in rainbow trout (Oncorhynchus mykiss)*. Journal of Experimental Biology, 2001. **204**(13): p. 2351–2360.
120. Panserat, S., et al., *Hepatic glucokinase is induced by dietary carbohydrates in rainbow trout, gilthead seabream, and common carp*. American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology, 2000. **278**(5): p. R1164–R1170.
121. Council, N.R., et al., *Nutrient requirements of fish and shrimp*. 2011: National academies press.
122. Bjerkeng, B., *Carotenoid pigmentation of salmonid fishes-recent progress I*. Avances en Nutrición Acuicola, 2000.
123. During, A. and E.H. Harrison, *Mechanisms of provitamin A (carotenoid) and vitamin A (retinol) transport into and out of intestinal Caco-2 cells*. Journal of lipid research, 2007. **48**(10): p. 2283–2294.
124. Ross, A.C., *Vitamin A and retinoic acid in T cell-related immunity*. The American journal of clinical nutrition, 2012. **96**(5): p. 1166S–1172S.
125. Shastak, Y. and W. Pelletier, *Vitamin A in fish well-being: integrating immune strength, antioxidant capacity and growth*. Fishes, 2024. **9**(8): p. 330.
126. Fernández, I., et al., *Fat-soluble vitamins in fish: A transcriptional tissue-specific crosstalk that re-*

- mains to be unveiled and characterized, in *Emerging issues in fish larvae research*. 2018, Springer. p. 159–208.
127. Buddington, R.K., et al., *A high retinol dietary intake increases its apical absorption by the proximal small intestine of juvenile sunshine bass (Morone chrysops × M. saxatilis)*. The Journal of nutrition, 2002. **132**(9): p. 2713–2716.
 128. Ndayibagira, A. and P. Spear, *Esterification and hydrolysis of vitamin A in the liver of brook trout (Salvelinus fontinalis) and the influence of a coplanar polychlorinated biphenyl*. Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Pharmacology, Toxicology and Endocrinology, 1999. **122**(3): p. 317–325.
 129. Reboul, E., et al., *Vitamin D intestinal absorption is not a simple passive diffusion: evidences for involvement of cholesterol transporters*. Molecular nutrition & food research, 2011. **55**(5): p. 691–702.
 130. Bouillon, R., et al., *Skeletal and extraskeletal actions of vitamin D: current evidence and outstanding questions*. Endocrine reviews, 2019. **40**(4): p. 1109–1151.
 131. Lock, E.J., et al., *The significance of vitamin D for fish: a review*. Aquaculture nutrition, 2010. **16**(1): p. 100–116.
 132. Lall, S.P. and L.M. Lewis-McCrea, *Role of nutrients in skeletal metabolism and pathology in fish—An overview*. Aquaculture, 2007. **267**(1-4): p. 3–19.
 133. Lie, Ø., A. Sandvin, and R. Waagbø, *Transport of alpha-tocopherol in Atlantic salmon (Salmo salar) during vitellogenesis*. Fish Physiology and Biochemistry, 1994. **13**(3): p. 241–247.
 134. Parazo, M.P., et al., *Distribution of α-and γ-tocopherols in Atlantic salmon (Salmo salar) tissues*. Lipids, 1998. **33**(7): p. 697–704.
 135. Hamre, K., *Metabolism, interactions, requirements and functions of vitamin E in fish*. Aquaculture nutrition, 2011. **17**(1): p. 98–115.
 136. Miller, G.W., et al., *The α-tocopherol transfer protein is essential for vertebrate embryogenesis*. 2012.
 137. Krossøy, C., R. Waagbø, and R. Ørnsrud, *Vitamin K in fish nutrition*. Aquaculture Nutrition, 2011. **17**(6): p. 585–594.
 138. Udagawa, M., *Physiological role of vitamin K in fish-review*. 2000.
 139. Park, J., et al., *Vitamin K variations in conger eel (Conger myriaster) influenced by harvest time and size*. Food Science and Preservation, 2023. **30**(6): p. 929–943.
 140. Udagawa, M. and T. Murai, *Content of phyloquinone and menaquinone in the tissues of mum-michog Fundulus heteroclitus fed diets containing different forms of vitamin K*. Journal of nutritional science and vitaminology, 2001. **47**(2): p. 91–95.
 141. Beato, S., F.J. Toledo-Solís, and I. Fernández, *Vitamin K in vertebrates' reproduction: Further puzzling pieces of evidence from teleost fish species*. Biomolecules, 2020. **10**(9): p. 1303.
 142. Abdelhamid, A.F., et al., *Impacts of different levels of vitamin K on the growth performance, hematological parameters, and immunological response of juvenile Nile tilapia (Oreochromis niloticus)*. Aquaculture International, 2024. **32**(1): p. 477–488.
 143. Lin, M.F. and S.Y. Shiau, *Requirements of vitamin C (l-ascorbyl-2-sulphate and l-ascorbyl-2-polyphosphate) and its effects on non-specific immune responses of grouper, Epinephelus malabaricus*. Aquaculture Nutrition, 2005. **11**(3): p. 183–189.
 144. Bae, J.-Y., et al., *Re-evaluation of the optimum dietary vitamin C requirement in juvenile eel, Anguilla japonica by using L-ascorbyl-2-monophosphate*. Asian-Australasian journal of animal sciences, 2012. **25**(1): p. 98.
 145. Cai, Q., et al., *Dietary vitamin C affects growth, antioxidant status and serum immune parameter of juvenile hybrid grouper (Epinephelus fuscoguttatus ♀ × Epinephelus lanceolatus ♂) fed low fish-meal diets*. Aquaculture, 2022. **556**: p. 738285.
 146. Brown, S.B., et al., *Implications of thiamine deficiency in Great Lakes salmonines*. Journal of Aquatic Animal Health, 2005. **17**(1): p. 113–124.

147. Lall, S.P. and S.J. Kaushik, *Nutrition and metabolism of minerals in fish*. Animals, 2021. **11**(09): p. 2711.
148. Tacon, A.G., *The nutrition and feeding of farmed fish and shrimp; a training manual. 1: The essential nutrients*. 1987.
149. Bury, N.R., P.A. Walker, and C.N. Glover, *Nutritive metal uptake in teleost fish*. Journal of experimental biology, 2003. **206**(1): p. 11–23.
150. Bury, N., et al., *Intestinal iron uptake in the European flounder (Platichthys flesus)*. Journal of Experimental Biology, 2001. **204**(21): p. 3779–3787.
151. Kwong, R.W. and S. Niyogi, *The interactions of iron with other divalent metals in the intestinal tract of a freshwater teleost, rainbow trout (Oncorhynchus mykiss)*. Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology, 2009. **150**(4): p. 442–449.
152. Jiang, Y., et al., *Genome wide identification, phylogeny and expression of zinc transporter genes in common carp*. PLoS One, 2014. **9**(12): p. e116043.
153. Chen, G.-H., et al., *Dietary zinc addition influenced zinc and lipid deposition in the fore-and mid-intestine of juvenile yellow catfish Pelteobagrus fulvidraco*. British Journal of Nutrition, 2017. **118**(8): p. 570–579.
154. Jeong, J. and D.J. Eide, *The SLC39 family of zinc transporters*. Molecular aspects of medicine, 2013. **34**(2-3): p. 612–619.

BÖLÜM 3

BALIKLARDA BESİN MADDE İHTİYAÇLARI

Atakan BUNDUR ¹

Özge SIZMAZ ²

BIYOENERJETİK VE ENERJİ GEREKSİNİMLERİ

Giriş

Biyoenenerjetik, biyolojik sistemlerdeki enerji dönüşümlerinin incelenmesidir. Balıklar, yaşamlarını sürdürmek, büyümek ve üremek için gerekli olan kimyasal enerjiyi, rasyon ile aldıkları makro besinlerin (protein, lipid ve karbonhidrat) biyokimyasal oksidasyonu yoluyla elde etmektedirler [1]. Enerji, kendi başına bir besin maddesi olmamakla birlikte, besinlerin metabolik süreçlerde serbest bıraktığı bir kapasite olarak da tanımlanmaktadır [2] Su ürünleri yetiştiriciliğinde yem, üretim maliyetlerinin %50'sinden fazlasını oluşturduğundan, balıkların enerji gereksinimlerinin ve yemdeki enerjinin nasıl kullanıldığının tam olarak anlaşılması (nutrisonel biyoenenerjetik), ekonomik ve çevresel sürdürülebilirlik açısından kritik önem taşımaktadır [3]

Balıkların enerji fizyolojisi, karasal çiftlik hayvanlarından temel bazı farklılıklar gösterir:

- I. Poikilotermik (Soğukkanlı) Yapı: Balıklar vücut sıcaklıklarını sabit tutmak için enerji harcamamakta; bu durum, bazal metabolizma enerjisi ihtiyacını kuşlar ve memelilere göre çok daha düşük seviyelere çekmektedir [2]. Ancak son çalışmalar, küresel ısınmaya bağlı su sıcaklığı artışlarının balıkların bazal enerji tüketimini artırarak büyüme performansını baskılayabildiğini göstermektedir [4].
- II. Azotlu Atıklar: Balıklar protein katabolizması sonucu oluşan azotu, enerji harcayarak üre veya ürik aside dönüştürmek yerine, büyük oranda amonyak NH_3 şeklinde solungaçlarından pasif olarak atmaktadırlar. Bu da proteinin enerji için kullanımında termodinamik bir avantaj sağlamaktadır [1, 3].

¹ Araş. Gör., Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları AD., abundur@ankara.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-3916-2635

² Prof. Dr., Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları AD., osizmaz@ankara.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-2027-5074

Tablo 6. Türlerle Göre Önerilen Temel Vitamin Gereksinimleri

Vitamin (mg/kg KM)	Alabalık / Somon	Kanal Yayın Balığı	Sazan / Tilapya	Temel Eksiklik Belirtisi
Vit C (Askorbik Asit)	50 - 100	25 - 50	30 - 50	Skolyoz / Lordoz
Vit E (Tokoferol)	50 - 100	30 - 50	50 - 100	Kas erimesi / Oksidasyon
Vit A (IU/kg)	2500 - 5000	1000 - 2000	1000 - 2000	Göz sorunları
Vit D3 (IU/kg)	2400	500 - 1000	500 - 1000	Zayıf büyüme / Tetani
Tiamin (B ₁)	10 - 15	1 - 2	0.5 - 1	Denge kaybı / Dönme
Riboflavin (B ₂)	5 - 10	9	6 - 7	Katarakt
Niasin (B ₃)	10 - 20	14	28	Deri kanamaları

Not: Vitamin premiksleri hazırlanırken bu minimum değerlerin üzerine %25-50 oranında güvenlik payı eklenmektedir.

KAYNAKLAR

1. Kaushik, S.J. and J.W. Schrama, *Bioenergetics*, in *Fish Nutrition*. 2022, Elsevier. p. 17–55.
2. Council, N.R., et al., *Nutrient requirements of fish and shrimp*. 2011: National academies press.
3. Hardy, R.W. and S.J. Kaushik, *Fish nutrition*. 2021: Academic press.
4. Volkoff, H. and I. Rønnestad, *Effects of temperature on feeding and digestive processes in fish*. Temperature, 2020. 7(4): p. 307–320.
5. Glencross, B., et al., *A SWOT analysis of the use of marine, grain, terrestrial-animal and novel protein ingredients in aquaculture feeds*. Reviews in Fisheries Science & Aquaculture, 2024. 32(3): p. 396–434.
6. Lupatsch, I., G.W. Kissil, and D. Sklan, *Comparison of energy and protein efficiency among three fish species gilthead sea bream (*Sparus aurata*), European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and white grouper (*Epinephelus aeneus*): energy expenditure for protein and lipid deposition*. Aquaculture, 2003. 225(1-4): p. 175–189.
7. Comte, L. and J.D. Olden, *Climatic vulnerability of the world's freshwater and marine fishes*. Nature Climate Change, 2017. 7(10): p. 718–722.
8. Bureau, D.P., K. Hua, and P.A. Azevedo, *Efficiency of conversion of feed inputs into animal biomass: the usefulness of bioenergetics models and need for a transition to nutrient-flow models*. Feeding and digestive functions of fishes, 2008: p. 547–564.
9. Cho, C. and S. Kaushik, *Nutritional energetics in fish: energy and protein utilization in rainbow trout (*Salmo gairdneri*)*. Aspects of food production, consumption and energy values, 1990. 61: p. 132–172.
10. Hardy, R.W., et al., *Fish nutrition—History and perspectives*, in *Fish nutrition*. 2022, Elsevier. p. 1–16.
11. Cb, C., *Intermediary metabolism*. Fish nutrition, 1989: p. 259–329.
12. Stone, D.A., *Dietary carbohydrate utilization by fish*. Reviews in fisheries Science, 2003. 11(4):

- p. 337–369.
13. Mai, K., et al., *Protein and amino acids*, in *Fish nutrition*. 2022, Elsevier. p. 181–302.
 14. Xing, S., et al., *Essential amino acid requirements of fish and crustaceans, a meta-analysis*. Reviews in Aquaculture, 2024. **16**(3): p. 1069–1086.
 15. Hardy, R.W., *Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and supplies of fishmeal*. Aquaculture research, 2010. **41**(5): p. 770–776.
 16. Kaushik, S.J. and I. Seiliez, *Protein and amino acid nutrition and metabolism in fish: current knowledge and future needs*. Aquaculture research, 2010. **41**(3): p. 322–332.
 17. Tocher, D.R., *Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish*. Reviews in fisheries science, 2003. **11**(2): p. 107–184.
 18. Bell, J.G., et al., *Substituting fish oil with crude palm oil in the diet of Atlantic salmon (*Salmo salar*) affects muscle fatty acid composition and hepatic fatty acid metabolism*. The Journal of nutrition, 2002. **132**(2): p. 222–230.
 19. Watanabe, T., *Lipid nutrition in fish*. Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry, 1982. **73**(1): p. 3–15.
 20. Khadim, S., et al., *Protein sparing by dietary lipids in the diets of *Pangasianodon hypophthalmus*: an appraisal of growth, body composition, digestive enzymes, and metabolic responses*. Fish Physiology and Biochemistry, 2025. **51**(4): p. 134.
 21. Halver, J.E. and R.W. Hardy, *Nutrient flow and retention*, in *Fish nutrition*. 2003, Elsevier. p. 755–770.
 22. Tocher, D.R. and B.D. Glencross, *Lipids and fatty acids*. Dietary nutrients, additives, and fish health, 2015: p. 47–94.
 23. Turchini, G.M., B.E. Torstensen, and W.K. Ng, *Fish oil replacement in finfish nutrition*. Reviews in aquaculture, 2009. **1**(1): p. 10–57.
 24. Tocher, D.R., *Fatty acid requirements in ontogeny of marine and freshwater fish*. Aquaculture research, 2010. **41**(5): p. 717–732.
 25. Henderson, R.J. and D.R. Tocher, *The lipid composition and biochemistry of freshwater fish*. Progress in lipid research, 1987. **26**(4): p. 281–347.
 26. Pandey, A., *Role of Broodstock Nutrition and its Impacts on Fish Reproductive Output: An Overview*. Agricultural Reviews, 2024. **45**(4).
 27. Monroig, Ó., Y. Li, and D.R. Tocher, *Delta-8 desaturation activity varies among fatty acyl desaturases of teleost fish: high activity in delta-6 desaturases of marine species*. Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology, 2011. **159**(4): p. 206–213.
 28. Glencross, B.D., *Exploring the nutritional demand for essential fatty acids by aquaculture species*. Reviews in aquaculture, 2009. **1**(2): p. 71–124.
 29. Bell, J.G., et al., *Replacement of fish oil with rapeseed oil in diets of Atlantic salmon (*Salmo salar*) affects tissue lipid compositions and hepatocyte fatty acid metabolism*. The Journal of nutrition, 2001. **131**(5): p. 1535–1543.
 30. Peres, H. and A. Oliva-Teles, *Influence of temperature on protein utilization in juvenile European seabass (*Dicentrarchus labrax*)*. Aquaculture, 1999. **170**(3-4): p. 337–348.
 31. Cahu, C., J.Z. Infante, and T. Takeuchi, *Nutritional components affecting skeletal development in fish larvae*. Aquaculture, 2003. **227**(1-4): p. 245–258.
 32. Tocher, D.R., et al., *The role of phospholipids in nutrition and metabolism of teleost fish*. Aquaculture, 2008. **280**(1-4): p. 21–34.
 33. Hamre, K., *Metabolism, interactions, requirements and functions of vitamin E in fish*. Aquaculture nutrition, 2011. **17**(1): p. 98–115.
 34. Santigosa, E., F. Brambilla, and L. Milanese, *Microalgae oil as an effective alternative source of EPA and DHA for gilthead seabream (*Sparus aurata*) aquaculture*. Animals, 2021. **11**(4): p. 971.
 35. Sinha, A.K., et al., *Non-starch polysaccharides and their role in fish nutrition—A review*. Food Chemistry, 2011. **127**(4): p. 1409–1426.

36. Egerton, S., et al., *The gut microbiota of marine fish*. Frontiers in microbiology, 2018. **9**: p. 873.
37. Kroghdahl, Å., G.I. Hemre, and T. Mommsen, *Carbohydrates in fish nutrition: digestion and absorption in postlarval stages*. Aquaculture nutrition, 2005. **11**(2): p. 103–122.
38. Amirkolaie, A.K., *Reduction in the environmental impact of waste discharged by fish farms through feed and feeding*. Reviews in Aquaculture, 2011. **3**(1): p. 19–26.
39. Hilton, J., J. Atkinson, and S. Slinger, *Effect of increased dietary fiber on the growth of rainbow trout (Salmo gairdneri)*. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 1983. **40**(1): p. 81–85.
40. Glencross, B., N. Rutherford, and N. Bourne, *The influence of various starch and non-starch polysaccharides on the digestibility of diets fed to rainbow trout (Oncorhynchus mykiss)*. Aquaculture, 2012. **356**: p. 141–146.
41. Leary, D.F. and R.T. Lovell, *Value of fiber in production-type diets for channel catfish*. Transactions of the American Fisheries Society, 1975. **104**(2): p. 328–332.
42. Anderson, J., et al., *Effects of dietary carbohydrate and fibre on the tilapia Oreochromis niloticus (Linn.)*. Aquaculture, 1984. **37**(4): p. 303–314.
43. Ringø, E., et al., *Prebiotics in aquaculture: a review*. Aquaculture Nutrition, 2010. **16**(2): p. 117–136.
44. Torrecillas, S., D. Montero, and M. Izquierdo, *Improved health and growth of fish fed mannan oligosaccharides: potential mode of action*. Fish & shellfish immunology, 2014. **36**(2): p. 525–544.
45. Meena, D., et al., *Beta-glucan: an ideal immunostimulant in aquaculture (a review)*. Fish physiology and biochemistry, 2013. **39**(3): p. 431–457.
46. Lall, S.P. and S.J. Kaushik, *Nutrition and metabolism of minerals in fish*. Animals, 2021. **11**(09): p. 2711.
47. Watanabe, T., V. Kiron, and S. Satoh, *Trace minerals in fish nutrition*. Aquaculture, 1997. **151**(1–4): p. 185–207.
48. Ytrestøyl, T., T.S. Aas, and T. Åsgård, *Utilisation of feed resources in production of Atlantic salmon (Salmo salar) in Norway*. Aquaculture, 2015. **448**: p. 365–374.
49. Antony Jesu Prabhu, P., J.W. Schrama, and S.J. Kaushik, *Mineral requirements of fish: a systematic review*. Reviews in Aquaculture, 2016. **8**(2): p. 172–219.
50. Kumar, V., et al., *Phytate and phytase in fish nutrition*. Journal of animal physiology and animal nutrition, 2012. **96**(3): p. 335–364.
51. Lall, S.P., *The minerals*, in *Fish nutrition*. 2022, Elsevier. p. 469–554.
52. Antony Jesu Prabhu, P., J. Schrama, and S. Kaushik, *Quantifying dietary phosphorus requirement of fish—a meta-analytic approach*. Aquaculture Nutrition, 2013. **19**(3): p. 233–249.
53. Khan, M.A. and S. Zehra, *Principal nutrients and nutritional requirements of cultivable finfishes*, in *Fish Nutrition and Its Relevance to Human Health*. 2020, CRC Press. p. 1–45.
54. Dawood, M.A., et al., *The potential role of nano-selenium and vitamin C on the performances of Nile tilapia (Oreochromis niloticus)*. Environmental Science and Pollution Research, 2020. **27**(9): p. 9843–9852.
55. Rahimnejad, S., et al., *Effects of vitamin C and E supplementation on growth, fatty acid composition, innate immunity, and antioxidant capacity of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) fed oxidized fish oil*. Frontiers in Marine Science, 2021. **8**: p. 760587.
56. Zhu, C.b., et al., *Benefits and applications of vitamin C in farmed aquatic animals: An updated review*. Aquaculture International, 2024. **32**(2): p. 1295–1315.
57. Lock, E.J., et al., *The significance of vitamin D for fish: a review*. Aquaculture nutrition, 2010. **16**(1): p. 100–116.
58. Rahman, H., et al., *Effects of vitamin E supplemented feed on growth performance of fish: A review*. J. Aqua. Fish, 2023. **7**(070): p. 2.
59. Athanassopoulou, E., et al., *Aquaculture and Fisheries*.

ALTERNATİF PROTEİN KAYNAKLARI

Elif Vidan ŞİMŞEK¹
Gültekin YILDIZ²

1. GİRİŞ

Küresel nüfusun 21. yüzyılın ortalarına kadar yaklaşık 9,7 milyara ulaşması bekleniyor. Bu demografik artış, mevcut gıda üretim sistemleri üzerinde önemli bir baskı oluşturacak ve artan talebi karşılamak için gıda üretiminde %25-70 oranında bir artış gerektirecektir (1,2). Ancak bu büyüme ihtiyacı, iklim değişikliği, doğal kaynakların giderek bozulması ve tarımsal girdiler için artan rekabetle örtüşmektedir.

Özellikle hayvansal gıda tüketimindeki artış ve gelişmekte olan ülkelerdeki yaşam standartlarındaki yükseliş, sürdürülebilir hayvansal protein kaynaklarına olan küresel talebi önemli ölçüde artırmaktadır (3). Bu durum, mevcut protein kaynaklarının giderek yetersiz kalmasına ve alternatif yem protein kaynaklarının geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Nitekim, son on yılda tek mideli hayvanlar, geviş getiren hayvanlar ve su ürünleri yetiştiriciliği üzerine yapılan çalışmalar, alternatif yem kaynakları arayışında önemli bir artış olduğunu ortaya koymuştur (4).

Artan talebi karşılamak için hayvansal gıda üretimi yoğunlaştırılırken, aşırı otlatma, su kıtlığı ve biyolojik çeşitlilik kaybı gibi çevresel sorunlar mevcut üretim sistemlerinin sürdürülebilirliğini tehdit etmektedir. Bu bağlamda, su ürünleri yetiştiriciliği, nispeten düşük çevresel etkisi ve verimli üretim yöntemi nedeniyle küresel hayvansal protein arzının önemli bir bileşeni olarak giderek daha fazla kabul görmektedir (2). Balıkların yüksek büyüme potansiyeli, enerji-protein oranları açısından insan beslenmesine uygunluğu ve sağlıklı gıda üretimindeki stratejik rolü, bu sektörün önemini daha da artırmaktadır (5).

Ancak, sağlıklı ve sürdürülebilir bir gıda kaynağı olarak önerilen deniz ürünlerine olan artan talep, bazen ekolojik sürdürülebilirlikle çelişebilmektedir (6). Bu nedenle, tü-

¹ Ankara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora Öğrencisi, Veteriner Hekim elifvildan191@gmail.com; ORCID iD: 0009-0008-8166-8163

² Prof. Dr., Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları AD., gyildiz@ankara.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-1003-9254

mesi, tamamlayıcı beslenme profillerinin faydalarını sağlar ve maliyet dalgalanmalarını karşılamada esneklik sunar (278). Bu nedenle, su ürünleri yetiştiriciliği yemleri için alternatif protein kaynaklarının geliştirilmesi ve optimize edilmesi, su ürünleri yetiştiriciliği sektörü için sosyal ve çevresel açıdan sürdürülebilir bir geleceğe ulaşmada önemli bir rol oynayacaktır (2).

KAYNAKLAR

1. Hunter, MC, Smith, RG, Schipanski, ME, Atwood, LW ve Mortensen, D. (2017). 2050'de Tarım: Sürdürülebilir Yoğunlaştırma için Hedeflerin Yeniden Ayarlanması. *Biyobilim*, 67, 386–391
2. Hua, K., Cobcroft, JM, Cole, A., Condon, K., Jerry, DR, Mangott, A.,... & Strugnelli, JM (2019). Su proteininin geleceği: Su ürünleri yetiştiriciliği diyetlerindeki protein kaynaklarına ilişkin çıkarımlar. *One Earth*, 1 (3), 316-329
3. Kim, SW, Less, JF, Wang, L., Yan, T., Kiron, V., Kaushik, SJ ve Lei, XG (2019). Küresel yem proteinini talebini karşılamak: zorluk, fırsat ve strateji. *Hayvan Biyolojisi Bilimi Yıllık İncelemesi*, 7, 221–243
4. Serra, V., Pastorelli, G., Tedesco, DEA, Turin, L. ve Guerrini, A. (2024). Su yemlerinde alternatif protein kaynakları: Mevcut senaryo ve gelecek perspektifleri. *Veterinerlik ve Hayvan Bilimi*, 25, 100381
5. Melenchon, F., de Mercado, E., Pula, HJ, Cardenete, G., Barroso, FG, Fabrikov, D., Lourenço, HM, Pessoa, MF, Lagos, L., Weththasinghe, P., Cortés, M. ve Tomas-Almenar, C. (2022). %50'ye kadar balık unu diyetinin yerine geçmesi: gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) için iki böcek yemeğinin karşılaştırmalı bir çalışması. *Hayvanlar*, 12, 179.
6. Teixeira, CM ve Silva, PM (2024). Büyük ikilem: Balıkçılığın sürdürülebilirliğini etkilemeden sağlık yararları için deniz ürünleri tüketimini nasıl artırabiliriz? *Uluslararası Gıda Bilimi ve Teknolojisi Dergisi*, 59, 661–672.
7. FAO. (2022). Dünya Balıkçılığı ve Su Ürünleri Yetiştiriciliğinin Durumu 2022. Roma: Mavi Dönüşüme Doğru.
8. Szczepanski, A., Adamek-Urbanska, D., Kasprzak, R., Szudrowicz, H., Sliwiński, J. ve Kamaszewski, M. (2022). Lupin: Su ürünleri yemleri için umut verici bir alternatif protein kaynağı mı? *Su Ürünleri Raporları*, 26, Makale 101281.
9. Irm, M., Ye, B., Wu, X., Geng, L., Cai, Q., Zhang, L., Zhai, H. ve Zhou, Z. (2022). Melez lagos balığının (*Epinephelus fuscoguttatus* ♀ × *Epinephelus lanceolatus* ♂) düşük balık unu içeren diyetlerinde alternatif protein kaynağı olarak konvansiyonel ve düşük gossypollü pamuk tohumu ununun değerlendirilmesi: büyüme, yem kullanımı, bağırsak histolojisi ve bağışıklık. *Hayvanlar*, 12, 1906.
10. Aragao, C., Gonçalves, AT, Costas, B., Azeredo, R., Xavier, MJ ve Engrola, S. (2022). Balık diyetleri için alternatif proteinler: büyümenin ötesindeki çıkarımlar. *Hayvanlar*, 12, 1211.
11. Jia, S., Li, X., He, W. ve Wu, G. (2022). Beslenme araştırmaları ve su ürünleri yetiştiriciliğinde su hayvanları için protein kaynaklı yemler. *Hayvan Beslenmesi ve Metabolizmasındaki Son Gelişmeler*, 237–261.
12. Avrupa Birliği Tüzüğü (EC). (2002). İnsan tüketimine yönelik olmayan hayvansal yan ürünlerle ilgili sağlık kurallarını belirleyen 3 Ekim 2002 tarihli ve 1774/2002 sayılı Avrupa Parlamentosu ve Konseyi Tüzüğü. *Avrupa Birliği Resmi Gazetesi*, L 273/1 Erişim: 17 Eylül 2025
13. Stevens, JR, Newton, RW, Tlustý, M. ve Little, DC (2018). Su ürünleri yetiştiriciliği yan ürünlerinin yükselişi: Stratejik kullanım yoluyla gıda üretiminin, değerinin ve sürdürülebilirliğinin artırılması. *Mart Politikası* 90, 115–124.

14. FAO (2018). Deniz Yosunu Üretimi, Ticareti ve Kullanımının Küresel Durumu, Cilt 124 (Glo-befish Araştırma Programı), s. 120.
15. Ytrestøyl, T., Aas, TS ve Asgard, T. (2015). Norveç'te Atlantik somonu (*Salmo salar*) üretiminde yem kaynaklarının kullanımı. Su Ürünleri Yetiştiriciliği 448, 365–374.
16. Jackson, A. ve Newton, RW (2016). Omega-3 Yağ Asitleri Özel Referansıyla Deniz Ürünlerinin Üretiminde Balıkçılık Yan Ürünlerinin Kullanımının Modellenmesi Projesi (EPA ve DHA, Su Ürünleri Enstitüsü, Stirling Üniversitesi ve IFFO, Deniz Ürünleri Organizasyonu).
17. Feedipedia. (2025). *Balık yemeği*. Erişim adresi: <https://feedipedia.org/node/208>
18. Ulusal Araştırma Konseyi (NRC) (2011). Balık ve Karideslerin Besin Gereksinimleri (Ulusal Akademiler Yayınları).
19. Goddard, S., Al-Shagaa, G. ve Ali, A. (2008). Balıkçılık, Nil tilapia, *Oreochromis niloticus* için diyetlerde içerik olarak atık yemeklerin hedef dışı avlanması ve işlenmesi. Aquac. Res. 39, 518–525.
20. Jeon, G., Kim, H., Myung, S. ve Cho, S. (2014). Balık ununun ton balığı yan ürünü unu ile diyet ikamesinin genç Kore kaya balığının (*Sebastes schlegeli*) büyümesi, vücut kompozisyonu, plazma kimyası ve amino asit profilleri üzerindeki etkisi. Aquac. Nutr. 20, 753–761.
21. Herná'ndez, C., Hardy, R., Contreras-Rojas, D., Lo'pez-Molina, B., Gonza'lez-Rodríguez, B. ve Domínguez-Jimenez, P. (2014). Yavru benekli gül mercanı *Lutjanus guttatus* için yemlerde protein kaynağı olarak ton balığı yan ürünü unun değerlendirilmesi. Aquac. Nutr. 20, 574–582.
22. Kim, HS, Jung, W.-G., Myung, SH, Cho, SH ve Kim, DS (2014). Balık ununun ton balığı yan ürünü unu ile değiştirilmesinin genç zeytin pisi balığının (*Paralichthys olivaceus*) büyümesi, vücut kompozisyonu, plazma kimyası ve amino asit profilleri üzerindeki etkileri. Su Ürünleri Yetiştiriciliği 431, 92–98.
23. SSRG Uluslararası Tarım ve Çevre Bilimleri Dergisi. (2024). *Hayvan yemlerinde protein kaynağı olarak balık ununun besinsel değerlendirmesi*. 11(4): 36–42
24. Kim, K.-D., Jang, JW, Kim, K.-W., Lee, B.-J., Hur, SW ve Han, H.-S. (2018). Genç Kore kaya balığı *Sebastes schlegelii*de balık ununun yerine diyet protein kaynağı olarak ton balığı yan ürünü unu. Balık. Su. Bilim. 21, 29.
25. Olsen, RL, Toppe, J. ve Karunasagar, I. (2014). Balık ve kabuklu deniz ürünlerinin işlenmesinden elde edilen yan ürünlerin kullanımındaki zorluklar ve gerçekçi fırsatlar. Trendler Gıda Bilimi ve Teknolojisi. 36, 144–151.
26. Olsen, RL ve Hasan, MR (2012). Sınırlı balık unu arzı: Küresel su ürünleri yetiştiriciliği üretimindeki gelecekteki artışlara etkisi. Trendler Gıda Bilimi ve Teknolojisi 27, 120–128
27. Avrupa Komisyonu. (2013). Avrupa Parlamentosu ve Konseyinin 999/2001 sayılı Tüzüğü'nün Ek I ve IV'ünü değiştiren 16 Ocak 2013 tarihli ve 56/2013 sayılı Komisyon Tüzüğü. Bu Tüzük, bazı bulaşıcı süngerimsi ensefalopatilerin önlenmesi, kontrolü ve ortadan kaldırılmasına ilişkin kuralları belirlemektedir. Avrupa Birliği Resmi Gazetesi. Erişim Tarihi: 20 Eylül 2025
28. Campos, I., Matos, E., Marques, A. ve Valente, L. (2017). Avrupa levreği (*Dicentrarchus labrax*) yavrularının diyetlerinde kısmi balık unu yerine hidrolize tüy unu. Su Ürünleri Yetiştiriciliği (Amsterdam, Hollanda), 476, 152–159.
29. Gaudio, G., Marzorati, G., Faccenda, F., Weil, T., Lunelli, F., Cardinaletti, G., Marino, G., Olivotto, I., Parisi, G., Tibaldi, E., Tuohy, KM ve Fava, F. (2021). Gökkuşluğu alabalığı için balık unu içermeyen bir diyetle böcek ve kümes hayvanı yan ürünlerinden elde edilen işlenmiş hayvansal proteinler: Bağışak mikrobiyotası ve inflamasyon belirteçleri üzerindeki etkisi. Uluslararası Moleküler Bilimler Dergisi, 22, 5454.
30. Dawson, MR, Alam, MS, Watanabe, WO, Carroll, PM ve Seaton, PJ (2018). Devridaimlı su ürünleri yetiştirme sisteminde yetiştirilen genç Karadeniz levreğinin diyetinde balık ununa alternatif olarak kümes hayvanı yan ürünü ununun değerlendirilmesi. Kuzey Amerika Su Ürünleri Dergisi, 80, 74–87.
31. Karapanagiotidis, IT, Psafakis, P., Mente, E., Malandrakis, E. ve Goomazou, E. (2019). Balık

- unu yerine kümes hayvanı yan ürünü unu kullanılmasının çipura balığının (*Sparus aurata*) büyüme performansı, yaklaşık bileşimi, sindirim enzimi aktivitesi, hematolojik parametreleri ve gen ifadesi üzerindeki etkisi. *Su Ürünleri Beslenmesi*, 25, 3–14
32. Hao, YT, Guo, R., Jia, GW, Zhang, Y., Xia, H. ve Li, XH (2020). Kanatlı yan ürünlerinden elde edilen enzimatik hidrolizatların (EHPB) alternatif bir balık unu kaynağı olarak kalkan balığının (*Scophthalmus maximus*) büyüme performansı, hepatik proteomu ve bağırsak mikrobiyotası üzerindeki etkileri. *Su Ürünleri Beslenmesi*, 26, 1994–2006.
 33. Jasour, MS, Wagner, L., Sundekilde, UK, Larsen, BK, Greco, I., Orlien, V., Olsen, K., Rasmussen, HT, Hjermslev, NH, Hammershøj, M., Dalsgaard, AJT ve Dalsgaard, TK (2017). Su ürünleri yemlerinde alternatif bir protein kaynağı olarak tüy ununu değerlendirmek için kapsamlı bir yaklaşım. *Tarım ve Gıda Kimyası Dergisi*, 65, 10673–10684
 34. Wu, YB, Ren, X., Chai, XJ, Li, P. ve Wang, Y. (2018). Dev istavrit (*Nibea japonica*) diyetlerinde balık ununun kümes hayvanı yan ürünü unu ve tüy unu karışımıyla değiştirilmesi. *Su Ürünleri Beslenmesi*, 24, 1085–1091
 35. Psafakis, P., Karapanagiotidis, IT, Malandrakis, EE, Golomazou, E., Exadactylos, A. ve Mente, E. (2020). Balık unu yerine hidrolize tüy unu kullanılmasının çipura balığının (*Sparus aurata*) büyüme performansı, yaklaşık bileşimi, sindirim enzimi aktivitesi, hematolojik parametreleri ve büyümeyle ilişkili gen ifadesi üzerindeki etkisi. *Su Ürünleri Yetiştiriciliği* (Amsterdam, Hollanda), 521, Makale 735006
 36. Ogunji, J. ve Iheanacho, S. (2021). Alternatif protein kaynağı: *Clarias gariepinus*'ta (Burchell, 1822) büyüme, antioksidan enzim fonksiyonları ve hematolojik yanıt yoluyla değerlendirilen balık unu yerine inek kanı ununun kabul edilebilirliği. *Su Ürünleri Araştırması*, 52, 2651–2661.
 37. Kirimi, JG, Musalia, LM, Magana, A. ve Munguti, JM (2016). Balık unu yerine kan unu içeren diyetlerle beslenen Nil tilapiasının (*Oreochromis niloticus*) performansı. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 8, 79–87.
 38. İbrahim, RE, Amer, SA, Shahin, SA, Darwish, MI, Albogami, S., Abdelwarith, AA, Younis, EM, Abduljabbar, MH, Davies, SJ ve Attia, GA (2022). Kurutulmuş sığır hemoglobini ile balık unu ikamesinin Nil tilapia'sının (*Oreochromis niloticus*) büyümesi, kan hematolojisi, antioksidan aktivitesi ve ilgili gen ekspresyonu ve doku histomimarisi üzerine etkisi. *Su Ürünleri Raporları*, 26, Madde 101276
 39. de Araújo, EP, de Carvalho, PLPF, de Freitas, JMA, da Silva, RL, Rocha, MKHR, Teixeira, CP, Damasceno, FM, Sartori, MMP, Pezzato, LE ve Barros, M.M (2017). Diyet spreyiyle kurutulmuş plazma, Nil tilapia'sında (*Oreochromis niloticus*) büyüme performansını, villus: Kript oranını ve soğuğa bağlı stres direncini artırır. *Su Ürünleri Yetiştiriciliği* (Amsterdam, Hollanda), 479, 675–681
 40. Hodar, AR, Vasava, R., Joshi, NH ve Mahavadiya, DR (2020). Alternatif kaynaklar için balık unu ve balık yağı ikamesi: bir inceleme. *Deneyisel Zooloji Dergisi, Hindistan*, 23, 13–21.
 41. Moutinho, S., Martínez-Llorens, S., Tomás-Vidal, A., Jover-Cerda, M., Oliva-Teles, A., & Peres, H. (2017). Çipura (*Sparus aurata*) yavrularının diyetlerinde balık ununun kısmi yerine et ve kemik unu: Büyüme, yem verimliliği, amino asit kullanımı ve ekonomik verimlilik. *Su Ürünleri Yetiştiriciliği* (Amsterdam, Hollanda), 468, 271–277.
 42. Tang, B., Bu, X., Lian, X., Zhang, Y., Muhammad, I., Zhou, Q. ve Yang, Y. (2018). Balık ununun et ve kemik unu ile değiştirilmesinin genç *Pseudobagrus ussuriensis*'te büyüme, yem kullanımı ve azot ve fosfor atılımı üzerindeki etkisi. *Su Ürünleri Beslenmesi*, 24, 894–902
 43. Wang, Y., Tao, S., Liao, Y., Lian, X., Luo, C., Zhang, Y., Yang, C., Cui, C., Yang, J. ve Yang, Y. (2020b). Genç Ussuri yayın balığı (*Pseudobagrus ussuriensis*) için düşük balık unu içeren diyetlerde midye unu veya et ve kemik unu ile kısmi balık unu değişimi: Büyüme, sindirilebilirlik, antioksidan kapasite ve IGF-I gen ifadesi. *Su Ürünleri Beslenmesi*, 26, 727–736.
 44. Lee, J., Choi, IC, Kim, KT, Cho, SH ve Yoo, JY (2012). Balık ununun çeşitli protein kaynaklarıyla değiştirilmesinin zeytin pisi balığının (*Paralichthys olivaceus*, Temminck ve Schlegel, 1846) bü-

- yümesi, vücut kompozisyonu ve kan kimyası üzerindeki etkisi. *Balık Fizyolojisi ve Biyokimyası*, 38, 735–744.
45. Ribeiro, MJP, Vidotti, RM, Ferreira, LA ve Gonçalves, GS (2016). Nil tilapia yavrularının diyetinde balık unu yerine soya proteini konsantresi ve et-kemik ununun değerlendirilmesi. *Dünya Su Ürünleri Derneği Dergisi*, 47, 369–375
 46. Mulazzani, L., Madau, FA, Pulina, P. ve Malorgio, G. (2021). Su ürünleri yetiştiriciliğinde böcek ununun kabulü: Alabalık ve levrek tedarik zincirleri için İtalyan paydaş analizi. *Dünya Su Ürünleri Derneği Dergisi*, 52, 378–394
 47. Avrupa Parlamentosu. (2017). Avrupa Parlamentosu ve Konseyinin 999/2001 sayılı Tüzüğü'nün Ek I ve IV'ünü ve 142/2011 sayılı Komisyon Tüzüğü'nün İşlenmiş Hayvansal Proteine İlişkin Hükümler Hakkında Ek X, XIV ve XV'ini Değiştiren 24 Mayıs 2017 tarihli 2017/893/EU sayılı Komisyon Tüzüğü; Avrupa Parlamentosu: Strazburg. Fransa, 92–116.
 48. IPIFF, 2018. Uluslararası Gıda ve Yem Böcekleri Platformu (IPIFF). Günümüz Avrupa böcek sektörü: zorluklar, fırsatlar ve düzenleyici ortam; IPIFF: Brüksel, Belçika, 2018
 49. Berggren, A., Jansson, A. ve Low, M. (2019). Gıda olarak kullanılan böceklerin ortaya çıkışında ekolojik sürdürülebilirliğe yaklaşım. *Trendler Ekol. Evol.* 34, 132–138.
 50. Makkar, HPS, Tran, G., Heuze, V. ve Ankers, P. (2014). Böceklerin hayvan yemi olarak kullanımıyla ilgili son durum. *Hayvan Yemi Bilimi ve Teknolojisi* 197, 1–33.
 51. Barroso, FG, de Haro, C., Sánchez-Muros, M.-J., Venegas, E., Martínez-Sánchez, A. ve Perez-Banon, C. (2014). Çeşitli böcek türlerinin balıklar için besin olarak kullanılma potansiyeli. *Su Ürünleri Yetiştiriciliği* 422, 193–201.
 52. Henry, M., Gasco, L., Piccolo, G. ve Fountoulaki, E. (2015). Çiftlik balıklarının beslenmesinde böcek kullanımına ilişkin inceleme: geçmiş ve gelecek. *Animasyon, Yem Bilimi ve Teknolojisi* 203, 1–22
 53. Tran, G., Heuze, V. ve Makkar, H. (2015). Balık diyetlerindeki böcekler. *Animasyon. Ön.* 5, 37–44
 54. Sealey, WM, Gaylord, TG, Barrows, FT, Tomberlin, JK, McGuire, MA, Ross, C. ve St-Hilaire, S. (2011). Zenginleştirilmiş kara asker sineği ön pupaları (*Hermetia illucens*) ile beslenen gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)'in duyu analizi. *J. World Aquacult. Soc.* 42, 34–45.
 55. Rust, MB (2002). Beslenme fizyolojisi. *Balık Beslenmesi*, JE Halver ve RW Hardy, editörler (The Academic Press), s. 368–446.
 56. Mikołajczak, Z., Rawski, M., Mazurkiewicz, J., Kieronczyk, B. ve Jozefiak, D. (2020). Deniz alabalığı yavrularının (*Salmo trutta m. trutta*) diyetlerinde hidrolize böcek öğünlerinin büyüme performansı, mikrobiyota ve biyokimyasal kan parametreleri üzerindeki etkisi. *Hayvanlar*, 10, 1031.
 57. Magalhaes, R., Sanchez-Lopez, A., Leal, RS, Martínez-Llorens, S., Oliva-Teles, A. ve Peres, H. (2017). Avrupa levreği (*Dicentrarchus labrax*) diyetlerinde balık unu yerine kullanılan kara asker sineği (*Hermetia illucens*) pupa öncesi unu. *Su Ürünleri Yetiştiriciliği (Amsterdam, Hollanda)*, 476, 79–85
 58. Wang, G., Peng, K., Hu, J., Yi, C., Chen, X., Wu, H. ve Huang, Y. (2019). Yağı alınmış kara asker sineği (*Hermetia illucens* L.) larvalarının genç Japon levreği (*Lateolabrax japonicus*) diyetlerinde alternatif bir protein bileşeni olarak değerlendirilmesi. *Su Ürünleri Yetiştiriciliği (Amsterdam, Hollanda)*, 507, 144–154.
 59. Abdel-Tawwab, M., Khalil, RH, Metwally, AA, Shakweer, MS, Khallaf, MA ve Abdel-Latif, H. M. (2020). Kara asker sineği (*Hermetia illucens* L.) larvalarının unu ile Avrupa levreğinin (*Dicentrarchus labrax*) büyüme performansı, organ-somatik indeksleri, vücut kompozisyonu ve hematolojik ve biyokimyasal değişkenleri üzerindeki etkileri. *Su Ürünleri Yetiştiriciliği (Amsterdam, Hollanda)*, 522, Makale 735136
 60. Belghit, I., Liland, NS, Gjesdal, P., Biancarosa, I., Menchetti, E., Li, Y., Waagbø, R., Krogdahl, A. ve Lock, E.-J. (2019). Kara asker sineği larva unu, deniz suyu fazındaki Atlantik somonunun

- (*Salmo salar*) diyetlerinde balık ununun yerini alabilir. Su Ürünleri Yetiştiriciliği 503, 609–619.
61. Adeoye, AA, Akegbejo-Samsons, Y., Fawole, FJ ve Davies, SJ (2020). Afrika yayın balığının (*Clarias gariepinus*) diyetinde kara asker sineği (*Hermetia illucens*) larva yeminin ön değerlendirmesi: Büyüme, vücut indeksi ve hematolojik parametreler üzerindeki etkisi. Dünya Su Ürünleri Derneği Dergisi, 51, 1024–1033.
 62. Piccolo, G., Iaconisi, V., Marono, S., Gasco, L., Loponte, R., Nizza, S., Bovera, F. ve Parisi, G. (2017). *Tenebrio molitor* larva ununun çipura balığının (*Sparus aurata*) büyüme performansı, canlı besin sindirilebilirliği, somatik ve pazarlanabilir indeksleri üzerindeki etkisi. Hayvan Yemi Bilimi ve Teknolojisi, 226, 12–20.
 63. Henry, MA, Gasco, L., Chatzifotis, S. ve Piccolo, G. (2018). Besinsel böcek unu balık bağışıklık sistemini etkiler mi? Avrupa levreği *Dicentrarchus labrax*'ta un kurdu (*Tenebrio molitor*) vakası. Gelişimsel ve Karşılaştırmalı İmmünoloji, 81, 204–209
 64. Jeong, SM, Khosravi, S., Yoon, KY, Kim, KW, Lee, BJ, Hur, SW ve Lee, SM (2021). Genç zeytin pisi balığı için yem bileşeni olarak un kurdu (*Tenebrio molitor*). *Paralichthys olivaceus*. Su Ürünleri Yetiştiriciliği Raporları, 20, Makale 100747.
 65. Rema, P., Saravanan, S., Armenjon, B., Motte, C. ve Dias, J. (2019). Gökkuşluğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) diyetine yağı alınmış sarı un kurdunun (*Tenebrio molitor*) kademeli olarak dahil edilmesi büyüme performansını ve besin tutulumunu iyileştirir. Hayvanlar 9, 187.
 66. Ido, A., Hashizume, A., Ohta, T., Takahashi, T., Miura, C. ve Miura, T. (2019). Balık ununun, yağdan arındırılmış sarı un kurdu (*Tenebrio molitor*) larvalarıyla değiştirilmesi, kırmızı çipura (*Pargus major*) büyüme performansını ve hastalık direncini artırır. Hayvanlar 9, 100.
 67. Su, J., Gong, Y., Cao, S., Lu, F., Han, D., Liu, H., Jin, J., Yang, Y., Zhu, X. ve Xie, S. (2017). *Tenebrio molitor* ununun diyetle alınmasının sarı yayın balığının (*Pelteobagrus fulvidraco*) büyüme performansı, bağışıklık tepkisi ve hastalık direnci üzerindeki etkileri. Balık ve Kabuklu Deniz Ürünleri İmmünolojisi, 69, 59–66.
 68. Kamilya, D. ve Khan, MIR (2020). Kitin ve kitosan su ürünleri yetiştiriciliği için umut vadeden bir immünostimülan. S. Gopi, S. Thomas ve A. Pius (Ed.), Kitin ve Kitosan El Kitabı (s. 761–771). Amsterdam, Hollanda: Elsevier. Ed.
 69. Borgogno, M., Dinnella, C., Iaconisi, V., Fusi, R., Scarpaleggia, C., Schiavone, A., Monteleone, E., Gasco, L. ve Parisi, G. (2017). Gökkuşluğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) yemine *Hermetia illucens* larva unu eklenmesi: statik ve dinamik değerlendirmelere göre duyuşal profil üzerindeki etkisi. J. Sci. Food Agric. 97, 3402–3411
 70. Lock, ER, Arsiwalla, T. ve Waagbo, R. (2016). Atlantik somonunun (*Salmo salar*) tüy dökümü sonrası diyetinde alternatif bir besin kaynağı olarak böcek larvası unu. Su Ürünleri Besin Değerleri 22, 1202–1213.
 71. Nandeesha, MC, Gangadhara, B., Varghese, TJ ve Keshavanath, P. (2000). Yüksek düzeyde yağsız ipekböceği pupasıyla beslenen sazan balığı *Cyprinus carpio*'nun büyüme tepkisi ve et kalitesi. Asya Balığı. Bilim. 13, 235–242.
 72. Hilken, W., De Klerk B. (2016). Insectenweek: Kleine sektörü Grote Kansen ile buluştu. ABN AMRO'yu Brabantse Ontwikkelings Maatschappij'e bildirin. P. 37.
 73. Arru, B., Furesi, R., Gasco, L., Madau, FA ve Pulina, P. (2019). Böcek ununun balık diyetine dahil edilmesi: Avrupa levrek yetiştiriciliğine dair ilk ekonomik analiz. Sürdürülebilirlik 11, 1697. 69.
 74. 1 Temmuz 2022 tarihli ve 1104 sayılı Avrupa Birliği Komisyonu Tüzüğü, Yem Malzemeleri Kataloğu Hakkında 68/2013 sayılı Tüzüğü Değiştiriyor. (Erişim: 20 Eylül 2025). <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2022/1104/oj>.
 75. Carpena, M., Caleja, C., Pereira, E., Pereira, C., Ciri 'c, A., Sokovi 'c, M. ve Prieto, MA (2021). Besin ve biyoaktif bileşik kaynağı olarak kırmızı deniz yosunları: Ekstraksiyonun optimizasyonu. Kemosensörler, 9, 132
 76. Younis, E.-SM, Al-Quffail, AS, Al-Asgah, NA, Abdel-Warith, A.-WA ve Al-Hafedh, YS (2018).

- Kırmızı alg (*Gracilaria arcuata*) ile diyet balık unu yerine koymanın Nil tilapia *Oreochromis niloticus*'un büyüme performansı ve vücut kompozisyonu üzerindeki etkisi. *Saudi J. Biol. Sci.* 25, 198–203.
77. Mohammed, HO, O'Grady, MN, O'Sullivan, MG, Hamill, RM, Kilcawley, KN ve Kerry, J. P (2021). Kahverengi ve kırmızı İrlanda deniz yosunu türlerinin seçilmiş besinsel, biyoaktif, termal ve teknolojik özelliklerinin değerlendirilmesi. *Foods* (Basel, İsviçre), 10(11), 2784.
 78. Nunes, AJ, Sa', MV, Browdy, CL ve Vazquez-Anon, M. (2014). Karides ve balık yemlerinin kristalin amino asitlerle pratik olarak desteklenmesi. *Su Ürünleri Yetiştiriciliği* 431, 20–27.
 79. *Angell, AR, Angell, SF, de Nys, R. ve Paul, NA (2016). Tek mideli hayvanlar için protein kaynağı olarak deniz yosunu. *Trendler Gıda Bilimi ve Teknolojisi.* 54, 74–84.
 80. **Angell, AR, Mata, L., de Nys, R. ve Paul, NA (2016). Deniz yosunlarının protein içeriği: Beşlik evrensel bir azot-protein dönüşüm faktörü. *J. Appl. Phycol.* 28, 511–524
 81. Holdt, SL ve Kraan, S. (2011). Deniz yosunundaki biyoaktif bileşikler: fonksiyonel gıda uygulamaları ve mevzuatı. *J. Appl. Phycol.* 23, 543–597.
 82. Valente, L., Gouveia, A., Rema, P., Matos, J., Gomes, E. ve Pinto, I. (2006). Üç deniz yosunu olan *Gracilaria bursa-pastoris*, *Ulva rigida* ve *Gracilaria cornea*'nın Avrupa levreği (*Dicentrarchus labrax*) yavrularında diyet bileşeni olarak değerlendirilmesi. *Su Ürünleri Yetiştiriciliği* 252, 85–91.
 83. Shapawi, R., Safiin, NSZ ve Senoo, S. (2015). Diyetteki kırmızı deniz yosununun iyileştirilmesi *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty ex. Asya levreği *Lates calcarifer*'de P. Silva küspesi kullanımı. *J. Başvuru. Phycol.* 27, 1681–1688.
 84. Kamunde, C., Sappal, R. ve Melegy, TM (2019). Kahverengi deniz yosunu (AquaArom) takviyesi, Atlantik somonu *Salmo salar*'da besin alımını artırır ve büyümeyi, antioksidan durumunu ve sıcaklık stresine karşı direnci iyileştirir. *PLoS One* 14, e0219792.
 85. Silva-Brito, F., Guardiola, FA, Cavalheri, T., Pereira, R., Abreu, H., Kijjoa, A. ve Magnoni, L. (2020). *Gracilaria* sp. yan ürünleriyle yapılan diyet takviyesi, kalabalık ortamlara maruz kalan çipura balıklarının (*Sparus aurata*) stres tepkisini, antioksidan ve bağışıklık sistemlerini düzenler. *Uygulamalı Psikoloji Dergisi*, 32, 4347–4359
 86. Passos, R., Correia, AP, Ferreira, I., Pires, P., Pires, D., Gomes, E. ve Baptista, T. (2021). *Gracilaria gracilis* ile takviye edilmiş diyetlerle beslenen çipura balığının (*Sparus aurata*) sağlık durumu ve patojen direnci üzerindeki etkisi. *Su Ürünleri Yetiştiriciliği* (Amsterdam, Hollanda), 531, Makale 735888.
 87. Abdelhamid, AF, Ayoub, HF, Abd El-Gawad, E. A., Abdelghany, MF ve AbdelTawwab, M (2021). Diyet deniz yosunu karışımının çizgili yayın balığının (*Pangasianodon hypophthalmus*) *Aeromonas hydrophila* enfeksiyonuna karşı büyüme performansı, antioksidan durumu, bağışıklık tepkisi ve direnci üzerindeki potansiyel etkileri. *Balık ve Kabuklu Deniz Ürünleri İmmünolojisi*, 119, 76–83.
 88. Magnusson, M., Glasson, CR, Vucko, MJ, Angell, A., Neoh, TL ve de Nys, R. (2019). Yeşil deniz yosunu *Ulva ohnoides*den yüksek proteinli yem üretimi için zenginleştirme süreçleri. *Algal Res.* 41, 101555.
 89. Bleakley, S. ve Hayes, M. (2017). Alg proteinleri: ekstraksiyon, uygulama ve üretimle ilgili zorluklar. *Gıdalar* 6, 33.
 90. Pereira, AG, Garcia-Oliveira, P., Otero, P., Soria-Lopez, A., Cassani, L., Cao, H., Xiao, J., Prieto, MA ve Simal-Gandara, J (2022). Su ürünleri yetiştiriciliğinde yem bileşeni olarak kullanılmak üzere döngüsel ekonomiyle elde edilen tek hücreli proteinler. *Foods* (Basel, İsviçre), 11, 2831.
 91. Sharif, M., Zafar, MH, Aqib, AI, Saeed, M., Farag, MR ve Alagawany, M. (2021). Tek hücreli protein: Kaynakları, üretim mekanizması, besin değeri ve su ürünleri beslenmesinde kullanımı. *Su Ürünleri Yetiştiriciliği* (Amsterdam, Hollanda), 531, Makale 735885.
 92. Naylor, RL, Hardy, RW, Bureau, DP, Chiu, A., Elliott, M., Farrell, AP, Forster, I., Gatlin, DM, Goldberg, RJ ve Hua, K. (2009). Sınırlı kaynakların olduğu bir çağda su ürünleri yetiştiriciliği-

- nin beslenmesi. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 106, 15103–15110
93. Gamboa-Delgado, J. ve Ma´rquez-Reyes, JM (2018). Su ürünleri yetiştiriciliği gelişimi için mikrobiyal kaynaklı besin maddelerinin potansiyeli. *Rev. Aquacult.* 10, 224–246.
 94. Øverland, M. ve Skrede, A. (2017). Su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanılmak üzere sürdürülebilir bir yem kaynağı olarak lignoselülozik biyokütleden türetilen maya. *J. Sci. Food Agric.* 97, 733–742.
 95. Delamare-Deboutteville, J., Batstone, DJ, Kawasaki, M., Stegman, S., Salini, M., Tabrett, S., Smullen, R., Barnes, AC ve Hulsen, T. (2019). € Karışık kültür mor fototrofik bakterileri, su ürünleri yetiştiriciliğinde etkili bir balık unu ikamesidir. *Su Res.* 4, 100031.
 96. Matassa, S., Boon, N., Pikaar, I. ve Verstraete, W. (2016). Mikrobiyal protein: Düşük çevresel ayak izine sahip gelecekteki sürdürülebilir gıda tedarik yolu. *Mikrob. Biyoteknoloji.* 9, 568–575.
 97. Martinez-Cordova LR, Martinez-Porchas M, Coelho-Emeren ciano MG, Miranda-Baeza A, Gollas-Galvan T (2016) Mikroplardan balıklara gıda üretiminde bir sonraki devrim. *Biyoteknolojide Kritik İncelemeler* 37: 287–295.
 98. Montoya-Camacho, N., Marquez-Ríos, E., Castillo-Yáñez, FJ, Cárdenas López, JL, López-Elías, JA, Ruiz-Cruz, S.,... & Ocaño-Higuera, VM (2019). Tilapia beslemesi için alternatif protein kaynaklarının kullanımındaki gelişmeler. *Su Ürünleri Yetiştiriciliği İncelemeleri*, 11 (3), 515-526.
 99. Ruiz, A., Sanahuja, I., Thorring, NW, Lynegaard, J., Ntokou, E., Furones, D. ve Gisbert, E. (2023). Su yemlerinde alternatif sağlıklı ve işlevsel bir protein kaynağı olarak metanotrofik bakterilerden elde edilen tek hücreli protein, gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) yavrularında bütünsel bir yaklaşım. *Su Ürünleri Yetiştiriciliği (Amsterdam, Hollanda)*, 576, Makale 739861.
 100. Glencross, BD, Huyben, D. ve Schrama, JW (2020). Su ürünleri yemlerinde tek hücreli bileşenlerin uygulanması - bir inceleme. *Balıklar*, 5, 22.
 101. Agboola, JO, Øverland, M., Skrede, A. ve Hansen, J.Ø. (2021). Su yemlerinde protein açısından zengin ana bileşen olarak maya: Su ürünleri yetiştiriciliği üretimi üzerindeki etkilerine dair bir inceleme. *Su Ürünleri İncelemeleri*, 13, 949–970.
 102. Lapena, D., Olsen, PM, Arntzen, M.Ø., Kosa, G., Passoth, V., Eijssink, VG ve Horn, SJ (2020). Maya biyokütlesi üretimi için tekrarlanan beslemeli parti fermantasyon proseslerinde büyüme ortamı olarak ladin şekerleri ve kümes hayvanı hidrolizatu. *Biyoproses ve Biyosistem Mühendisliği*, 43, 723–736.
 103. Poli, MA, Legarda, EC, de Lorenzo, MA, Martins, MA ve do Nascimento Vieira, F. (2019). Farklı balık stoklama yoğunlukları altında bir biyoflok sistemine entegre edilmiş Pasifik beyaz karidesi ve Nil tilapisi. *Su Ürünleri Yetiştiriciliği* 498, 83–89.
 104. Shah, MR, Lutz, GA, Alam, A., Sarker, P., Chowdhury, MK, Parsaeimehr, A., Liang, Y. ve Daroch, M. (2018). Sürdürülebilir bir su ürünleri yetiştiriciliği endüstrisi için su yemlerindeki mikroalgler. *J. Appl. Phycol.* 30, 197–213.
 105. Abass, DA, Obirikorang, KA, Campion, BB, Edziyie, RE ve Skov, PV (2018). Maya (*Saccharomyces cerevisiae*) diyet takviyesi, genç Nil tilapiasında (*Oreochromis niloticus*) büyümeyi, stres toleransını ve hastalık direncini iyileştirir. *Su Ürünleri Uluslararası*, 26, 843–855.
 106. Islam, SM, Rohani, MF ve Shahjahan, M. (2021). Probiyotik maya, bağırsakta morfolojik değişiklikler yaparak Nil tilapiasının (*Oreochromis niloticus*) büyüme performansını artırır. *Su Ürünleri Raporları*, 21, Makale 100800.
 107. Vidakovic, A., Huyben, D., Sundh, H., Nyman, A., Vielma, J., Passoth, V., Kiessling, A. ve Lundh, T. (2020). *Saccharomyces cerevisiae* ve *Wickerhamomyces anomalus* mayalarının dereceli seviyeleriyle beslenen gökkuşağı alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*) büyüme performansı, besin sindirilebilirliği ve bağırsak morfolojisi. *Su Ürünleri Beslenmesi*, 26, 275–286.
 108. Hauptman, BS, Barrows, FT, Block, SS, Gaylord, TG, Paterson, JA, Rawles, SD ve Sealey, WM (2014). Genç gökkuşağı alabalığı *Oncorhynchus mykiss*'in pratik tip diyetlerinde balık unu yerine tahıl damıtıcı kurutulmuş mayasının değerlendirilmesi. *Su Ürünleri Yetiştiriciliği*, 432,

- 7-14.
109. Wei, HC, Yu, HH, Chen, XM, Yao, W., Zou, FQ, Chen, P. ve diğerleri (2018). *Clostridium autoethanogenum* proteini ile değiştirilen soya küspesinin ot sazanının (*Ctenopharyngodon idlus*) büyüme performansı, plazma biyokimyasal indeksleri ve hepatopankreas ve bağırsak histopatolojisi üzerindeki etkileri. *Çin Hayvan Beslenmesi Dergisi*, 30, 4190-4201.
 110. Hardy, RW, Patro, B., Pujol-Baxley, C., Marx, CJ ve Feinberg, L. (2018). Gökkuşluğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) yemlerinde soya küspesinin kısmen *Methylobacterium ex-torquens* tek hücreli proteini ile değiştirilmesi. *Su Ürünleri Araştırması*, 49, 2218-2224.
 111. Chen, Y., Sagada, G., Xu, B., Chao, W., Zou, F., Ng, WK ve Shao, Q. (2020). Yavru çipura (*Acanthopagrus schlegelii*) diyetinde balık ununun kısmen *Clostridium autoethanogenum* tek hücreli protein ile değiştirilmesi. *Su Ürünleri Araştırması*, 51, 1000-1011.
 112. Yang, P., Li, X., Song, B., He, M., Wu, C. ve Leng, X. (2023). Büyük ağızlı levrek (*Micropterus salmoides*) diyetinde balık ununun yerine yeni bir tek hücreli protein olan *Clostridium autoethanogenum*'un potansiyeli: Büyüme, yem kullanımı ve bağırsak histolojisi. *Su Ürünleri Yetiştiriciliği ve Balıkçılık*, 8, 67-75.
 113. Chumpol, S., Kantachote, D., Nitoda, T. ve Kanzaki, H. (2018). Beyaz karides (*Litopenaeus vannamei*) yetiştiriciliğinde büyümeyi, bağışıklık tepkisini ve hayatta kalmayı artırmak için karides yemiyle karıştırılarak tek hücreli protein olarak mor kükürtsüz bakterilerin uygulanması. *Su Ürünleri Yetiştiriciliği (Amsterdam, Hollanda)*, 489, 85-95.
 114. Hamidoghli, A., Yun, H., Won, S., Kim, S., Farris, NW ve Bai, SC (2019). Beyaz bacaklı karides *Litopenaeus vannamei* için diyet balık unu yerine tek hücreli bir proteinin değerlendirilmesi. *Balıkçılık bilimi*, 85, 147-155.
 115. Woolley, L., Chaklader, MR, Pilmer, L., Stephens, F., Wingate, C., Salini, M. ve Partridge, G. (2023). Gazdan proteine: Mikrobiyal tek hücreli protein, su ürünleri yetiştiriciliğinde balık ununa bir alternatiftir. *Toplam Çevre Bilimi*, 859, 160-141.
 116. Sagaram, US, Mahadev, S., Gaikwad Nandru, R. ve Dasgupta, S (2021). Yem bileşeni olarak mikroalgler: Su ürünleri yetiştiriciliği türlerinin immünomodülasyonu ve bağırsak mikrobiyotasındaki rollerine ilişkin son gelişmeler. *FEMS Mikrobiyoloji Mektupları*, 368, 11.
 117. Sirakov, I., Velichkova, K., Stoyanova, S. ve Staykov, Y. (2015). Mikroalglerin su ürünleri yetiştiriciliği endüstrisi için önemi. *Rev. Int. J. Fish. Aquat. Stud.* 2, 81-84.
 118. Kiron, V., Phromkunthong, W., Huntley, M., Archibald, I. ve De Scheemaker, G. (2012). Atlantik somonu, sazan ve beyaz bacaklı karides için potansiyel bir yem protein kaynağı olarak biyofaunadan elde edilen deniz mikroalgleri. *Aquac. Nutr.* 18, 521-531.
 119. Wan, AH, Davies, SJ, Soler-Vila, A., Fitzgerald, R. ve Johnson, MP (2019). Sürdürülebilir bir su yemi bileşeni olarak makroalgler. *Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde İncelemeler*, 11, 458-492.
 120. Niccolai, A., Zittelli, GC, Rodolfi, L., Biondi, N. ve Tredici, MR (2019). Besin kaynağı olarak ilgi çekici mikroalgler: Biyokimyasal bileşim ve sindirilebilirlik. *Alg Araştırması*, 42, Makale 101617.
 121. Becker, W. (2004). İnsan ve hayvan beslenmesinde mikroalgler. *Mikroalg Kültürü El Kitabı: Biyoteknoloji ve Uygulamalı Psikoloji*, A. Richmond, editör (Blackwell Science), s. 312-351.
 122. Becker, E. (2007). Protein kaynağı olarak mikro algler. *Biyoteknoloji. Adv.* 25, 207-210.
 123. Ravindran, B., Gupta, S., Cho, W.-M., Kim, J., Lee, S., Jeong, K.-H., Lee, D. ve Choi, H.-C. (2016). Mikroalglerin potansiyeli ve çoklu rolleri - mevcut ilerleme ve gelecek beklentileri - genel bir bakış. *Sürdürülebilirlik* 8, 1215.
 124. Benemann, JR, Woertz, I. ve Lundquist, T. (2018). Ototrofik mikroalg biyokütle üretimi: Niş pazarlardan emtialara. *Ind. Biotechnol.* 14, 3-10.
 125. Ju, ZY, Deng, DF ve Dominy, W. (2012). Pasifik beyaz karidesinin (*Litopenaeus vannamei*, Boone, 1931) diyetlerinde balık ununun kısmen yerini alacak bir protein bileşeni olarak yağı alınmış bir mikroalg (*Haematococcus pluvialis*) unu. *Su Ürünleri Yetiştiriciliği* 354-355, 50-55.
 126. Vizcaino, A., Lopez, G., Sanchez, M., Jimenez, J., Barros, A., Hidalgo, L., Camacho-Rodriguez

- guez, J., Martı'nez, T., Cero' n-Garcı'a, M. ve Alarco' n, F. (2014). Mikroalg *Scenedesmus almeriensis*'in çipura, *Sparus aurata* ve yavru balıklar için diyetlerde balık unu alternatifi olarak etkileri. *Su Ürünleri Yetiştiriciliği* 431, 34–43.
127. Kissinger, KR, Garcı'a-Ortega, A. ve Trushenski, JT (2016). Uzun yüzgeçli sarıkuyruk *Seriola rivoliana* için *Schizochytrium limacinum* içeren düşük balık yağı içeren diyetlerde soya proteini konsantresi, kalamar ve alg unlarıyla kısmi balık unu ikamesi. *Su Ürünleri Yetiştiriciliği* 452, 37–44.
128. Pakravan, S., Akbarzadeh, A., Sajjadi, MM, Hajimoradloo, A. ve Noori, F. (2017). Pasifik beyaz karidesi *Litopenaeus vannamei*'nin diyetinde balık ununun kısmen ve tamamen deniz mikroalgi *Spirulina platensis* ile değiştirilmesi: büyüme, sindirim enzimi aktiviteleri, yağ asidi bileşimi ve amonyak ve hipoksi stresine tepkiler. *Aquac. Res.* 48, 5576–5586.
129. Wang, Y., Li, M., Filer, K., Xue, Y., Ai, Q. ve Mai, K. (2017). Pasifik beyaz karidesi (*Litopenaeus vannamei*) larvalarının mikrodietlerinde *Schizochytrium* öğününün değerlendirilmesi. *Aquac. Res.* 48, 2328–2336.
130. Sarker, PK, Kapuscinski, AR, Bae, AY, Donaldson, E., Sitek, AJ, Fitzgerald, DS ve Edelson, OF (2018). Sürdürülebilir su yemlerine doğru: Genç Nil tilapisi (*Oreochromis niloticus*) diyetlerinde balık ununun lipid ekstrakte edilmiş mikroalg yan ürünü (*Nannochloropsis oculata*) ile değiştirilmesinin değerlendirilmesi. *PLoS One* 13, e0201315.
131. de Cruz, CR, Lubrano, A. ve Gatlin, DM, III (2018). Melez çizgili levrek *Morone* sp. için kısmi balık unu yerine mikroalg konsantrelerinin değerlendirilmesi. *Su Ürünleri Yetiştiriciliği* (Amsterdam, Hollanda), 493, 130–136.
132. Ayala, MD, Galı'an, C., Fern'andez, V., Chaves-Pozo, E., Garcı'a de la Serrana, D., S'aez, MI ve Arizcun, M. (2020). Mikroalg *Nannokloropsis gaditana*'nın (Lubi ' an 1982) düşük diyetle dahil edilmesinin yavru çipurada (*Sparus aurata*) performans, balık morfolojisi ve kas büyümesi üzerindeki etkisi. *Hayvanlar*, 10, 2270.
133. Teuling, E., Wierenga, PA, Agboola, JO, Gruppen, H. ve Schrama, JW (2019). Hücre duvarı bozulması, genç Nil tilapia (*Oreochromis niloticus*) için *Nannokloropsis gaditana* besin maddelerinin biyoyararlanımını artırır. *Su Ürünleri Yetiştiriciliği* (Amsterdam, Hollanda), 499, 269–282.
134. Gbadamosi, OK ve Lupatsch, I. (2018). *Nannochloropsis salina* diyetinin Nil tilapiasının beslenme performansı ve yağ asidi profili üzerindeki etkileri. *Oreochromis niloticus*. *Alg Araştırması*, 33, 48–54.
135. Sharawy, ZZ, Ashour, M., Abbas, E., Ashry, O., Helal, M., Nazmi, H., Kelany, M., Kamel, A., Hassaan, M., Rossi, W., Jr., El-Haroun, E. ve Goda, A. (2019). Diyet deniz mikroalgleri *Tetraselmis suecica*'nın Pasifik beyaz karidesi *Litopenaeus vannamei*'nin üretimi, gen ekspresyonu, protein belirteçleri ve bakteri sayısı üzerindeki etkileri. *Su Ürünleri Araştırması*, 51, 2216–2228.
136. Abdelghany, MF, El-Sawy, HB, Abd El-Hameed, S.A, Khames, MK, Abdel- Latif, HM ve Naiel, M.A (2020). Diyet *Nannokloropsis oculata*'nın Nil tilapia'sında (*Oreochromis niloticus*) büyüme performansı, serum biyokimyasal parametreleri, bağışıklık tepkileri ve *Aeromonas veronii* mücadelesine karşı direnç üzerine etkileri. *Balık ve Kabuklu Deniz Ürünleri İmmünolojisi*, 107, 277–288.
137. Pereira, H., Sardinha, M., Santos, T., Gouveia, L., Barreira, L., Dias, J. ve Varela, J. (2020). Yavru çipura (*Sparus aurata*) için yem maddesi olarak soya fasulyesi küspesi yerine yağı alınmış mikro alg biyokütlesinin (*Tetraselmis* sp. CTP4) dahil edilmesi. *Alg Araştırması*, 47, Madde 101869.
138. Ju, ZY, Davis, S., Ramm, K., Steck, M., Soller, F. ve Fox, BK (2017). Mikroalg ilaveli diyetlerin tilapia balığının (*Oreochromis mossambicus*) büyüme performansı ve et bileşimi üzerindeki etkileri. *Su Ürünleri Araştırması*, 48, 5053–5061.
139. Cao, S., Zhang, P., Zou, T., Fei, S., Han, D., Jin, J., Liu, H., Yang, Y., Zhu, X. ve Xie, S. (2018). Balık ununun *Spirulina* ile değiştirilmesi *Arthrospira platensis*'in gibel sazan balığında (*Carassius*

- auratus gibelio var. CAS III) büyümeyi, bağışıklık ile ilgili gen ifadesini ve *Aeromonas hydrophila* enfeksiyonuna karşı mücadelesini etkiler. Balık ve Kabuklu Deniz Ürünleri İmmünolojisi, 79, 265–273.
140. FAO (2019). Gıda Kaybı ve Gıda İsrafi (Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü). <http://www.fao.org/food-loss-and-foodwaste/en/>.
 141. Mo, WY, Bon Man, Y. ve Hung Wong, M. (2018). Çin'in su ürünleri yetiştiriciliği endüstrisinde gıda atığı, balık atığı ve gıda işleme atığının kullanımı: ihtiyaçlar ve zorluklar. Sci. Total Environ. 613–614, 635–643.
 142. Garcia, AJ, Esteban, MB, Ma'riquez, MC ve Ramos, P. (2005). Biyolojik olarak parçalanabilir katı belediye atıkları: karakterizasyonu ve hayvan yemi olarak potansiyel kullanımı. Atık Yönetimi 25, 780–787.
 143. Sayeki, M., Kitagawa, T., Matsumoto, M., Nishiyama, A., Miyoshi, K., Mochizuki, M., Takasu, A. ve Abe, A. (2001). Domuz ve sığırlarda yem olarak kullanılan gıda atıklarından elde edilen kurutulmuş unların kimyasal bileşimi ve enerji değeri. Anim. Sci. J. 72, 34–40.
 144. Cheng, JY ve Lo, IM (2016). Hong Kong'da gıda atıklarının balık yemine dönüştürülmesinde mevcut teknolojilerin ve bunların uygulanabilirliğinin araştırılması. Çevre Bilimi Kirlilik Araştırmaları Enstitüsü 23, 7169–7177.
 145. Choi, WM, Lam, CL, Mo, WY ve Wong, MH (2016). Hong Kong'da ot sazanı (*Ctenopharyngodon idellus*) yetiştiriciliğinde yem malzemesi olarak gıda atıklarının kullanımı. Çevre Bilimi Kirlilik Araştırmaları Dergisi 23, 7178–7185.
 146. Hsieh, M.-J. (2010). Mutfak Atıklarıyla Balık Unu Yerine Geçenlerin Tilapia (*Oreochromis nilotica* x *Oreochromis aurea*), Dev Lagos (*Epinephelus lanceolatus*) ve Turuncu Benekli Lagos'un (*Epinephelus coioides*) Büyümesi ve Vücut Kompozisyonu Üzerindeki Etkileri, Yüksek Lisans tezi (Ulusal Tayvan Okyanus Üniversitesi).
 147. Duo, Z., Toth, JD ve Westendorf, ML (2018). Hayvan beslemede gıda atığı: uygulanabilirlik, güvenlik ve sürdürülebilirlik etkileri. Glob. Gıda Sec. 17, 154–161.
 148. zu Ermgassen, EK, Kelly, M., Bladon, E., Saleemdeen, R. ve Balmford, A. (2018). Birleşik Krallık'taki domuz çiftçileri ve tarımsal paydaşlar arasında hayvan yeminde gıda kayıplarının kullanımına yönelik destek. PLoS One 13, e0196288.
 149. Kari, ZA, Mat, K., Kabir, MA, Zal, WA, Munir, MB, Wei, LS ve T'eliez-isaías, G. (2023). Soya fasulyesi yan ürünü: Su ürünleri yetiştiriciliği endüstrisinde protein kaynağı olarak balık ununa alternatif olarak. Sürdürülebilirlik Bilimi ve Yönetimi Dergisi, 18, 179–202.
 150. Obirikorang, KA, Gyamfi, S., Goode, ME, Amisah, S., Edziyie, RE, Quagrainie, K., Egna, H. ve Frimpong, E. (2020). Soya fasulyesi küspesi diyetlerinin Nil tilapia (*Oreochromis niloticus*) yavrularının büyüme performansı, amonyak atılım oranları, bağırsak histolojisi ve yem maliyeti üzerine etkisi. Su Ürünleri Araştırması, 51, 3520–3532.
 151. Kaiser, F., Harbach, H. ve Schulz, C. (2022). Balık unu alternatifi olarak kolza proteinleri: Bir inceleme. İncelemeler. Su Ürünleri Yetiştiriciliği (Amsterdam, Hollanda), 14, 1887–1911
 152. Burducea, M., Dincheva, I., Dirvari, L., Oprea, E., Zheljazkov, VD ve Barbacariu, CA (2022). Buğday ve arpa çimi suyunun bitki bazlı bir yeme eklenmesi, sazan balığının (*Cyprinus carpio*) büyümesini ve et kalitesini iyileştirdi. Hayvanlar, 12, 1046.
 153. Reis, B., Marques, A., Campos, I., Dias, E. ve Valente, LM (2019). Avrupa levreği diyetlerinde orta kalitede balık ununa alternatif bir bileşen olarak buğday tohumu. Su Ürünleri Beslenmesi, 25, 932–945
 154. Ogello, EO, Kembanya, EM, Githukia, CM, Aera, CN, Munguti, JM ve Nyamweya, CS (2017). Toprak havuzlarda yetiştirilen Nil tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) için diyetlerde balık ununun ayçiçeği tohumu küspesi ile değiştirilmesi. Uygulamalı Su Ürünleri Dergisi, 29, 81–99.
 155. Murashita, K., Matsunari, H., Fukada, H., Suzuki, N., Furuita, H., Oku, H., Rønnestad, I., Yoshinaga, H. ve Yamamoto, T. (2019). Bitki bazlı düşük balık unu diyetinin sarı kuyruklu *Seriola quinqueradiata*'da sindirim fizyolojisi üzerine etkisi. Su Ürünleri Yetiştiriciliği (Amsterdam,

- Hollanda), 506, 168–180.
156. Dossou, S., Dawood, MAO, Zaineldin, AI, Abouelsaad, IA, Mzengereza, K., Shadrack, RS, Zhang, Y., El-Sharnouby, M., Ahmed, HA ve El Basuini, M. F (2021). Su yemlerinde bitki bazlı proteinin etkinliğini optimize etmek ve kontrol etmek için dinamik hibrit sistem. Karmaşıklık, 2021, 1–7.
 157. Sharawy, Z., Goda, AMAS ve Hassaan, MS (2016). Hint karidesi, *Fenneropenaeus indicus* ve Postlarvae diyetlerinde balık ununun *Saccharomyces cerevisiae* içeren katı halde fermente edilmiş soya unu ile kısmen veya tamamen değiştirilmesi. Hayvan Yemi Bilimi ve Teknolojisi, 212, 90–99
 158. Valente, LM, Cabral, EM, Sousa, V., Cunha, LM ve Fernandes, JM (2016). Senegal dil balığının diyetlerindeki bitkisel protein karışımları iskelet kası gelişimini, et dokusunu ve ilgili genlerin ifadesini etkiler. Su Ürünleri Yetiştiriciliği (Amsterdam, Hollanda), 453, 77–85
 159. Kari, ZA, Kabir, MA, Dawood, MAO, Razab, MKAA, Ariff, NSNA, Sarkar, T., Pati, S., Edinur, HA, Mat, K., Ismail, TA ve Wei, LS (2022). Fermente soya posası ile balık unu ikamesinin Afrika yayın balığının (*Clarias gariepinus*) büyüme performansı, sindirim enzimi, amino asit profili ve bağışıklık ile ilişkili gen ifadesi üzerindeki etkisi. Su Ürünleri Yetiştiriciliği (Amsterdam, Hollanda), 546, Makale 737418.
 160. Feedipedia. (2025). *Soya fasulyesi yemeği*. Erişim adresi: <https://www.feedipedia.org/node/674>
 161. Feedipedia. (2025). *Pamuk tohumu küspesi*. Erişim adresi: <https://www.feedipedia.org/node/550>
 162. Feedipedia. (2025). *Kolza tohumu yemeği*. Erişim adresi: <https://www.feedipedia.org/node/52>
 163. Feedipedia. (2025). *Ayçiçeği yemeği*. Erişim adresi: <https://www.feedipedia.org/node/732>
 164. Feedipedia. (2025). *Mısır gluteni unu*. Erişim adresi: <https://www.feedipedia.org/node/715>
 165. Dei, HK (2011). Hayvancılık ve kümes hayvanları için yem bileşeni olarak soya fasulyesi (s. 215–226). Londra: IntechOpen
 166. Florou-Paneri, P., Christaki, E., Giannenas, I., Bonos, E., Skoufos, I., Tsinas, A., Tzora, A. ve Peng, J. (2014). Domuz diyetlerinde soya fasulyesi küspesine alternatif protein kaynakları. Gıda, Tarım ve Çevre Dergisi, 12, 655–660
 167. Li, X., Zhang, F., Li, J., Xia, C. ve Li, J. (2022). Soya unu ve fıstık unu karışımlarına dayalı ahşap yapıştırıcısının değerlendirme performansı. Polimer Testi, 109, Makale 107543
 168. Zhou QC, Yue YR (2012) Genç melez tilapia (*Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*) için seçilmiş yem bileşenlerinin görünür sindirilebilirlik katsayıları. Su Ürünleri Araştırması 43: 806–814.
 169. Ng WK, Romano N (2013) Kültür döngüsü boyunca çiftlik tilapyaşının beslenmesi ve beslenme yönetimi üzerine bir inceleme. Su Ürünleri İncelemeleri 5: 220–254.
 170. Ozkan YF, Engin K, Özleuer HA (2015) *Vibrio anguillarum* ile enfekte Nil tilapia'sının (*Oreochromis niloticus* L.) kas ve karaciğer dokusu protein ve glikojen düzeyleri üzerine soya fasulyesi özütü veya et ve kemik unu içeren dengeli diyetlerin etkileri. Uygulamalı Biyolojik Bilimler Dergisi 9:37–42.
 171. Hassaan MS, Soltan MA, Abdel-Moez AM (2015) *Saccharomyces cerevisiae* ile katı halde fermentasyondan sonra soya küspesinin Nil tilapia (*Oreochromis niloticus*) için besin değeri. Hayvan Yemi Bilimi ve Teknolojisi 201:89–98.
 172. Davis DA, Arnold CA, McCallum I (2002) *Litopenaeus vannamei* için pratik diyet formülasyonlarında yem bezelyesi *Pisum sativum*'un besin değeri. Su Ürünleri Beslenmesi 8:87–94.
 173. ürünleri yem bilimi ve beslenmesi dergisi 4:1–26.
 174. Figueiredo-Silva C, Lemme A, Sangsue D, Kiriratnikom S (2015) Melez tilapia (*Oreochromis niloticus* x *Oreochromis mossambicus*) diyetlerinde balık ununun neredeyse tamamen soya unu ile değiştirilmesinin başarısı üzerine DL-metionin takviyesinin etkisi. Su Ürünleri Beslenmesi 21: 234–241.
 175. Llanes J, Toledo J (2011) Diyetteki diğer soya fasulyesi niveles'inin dahil edilmesiyle Nilo tila-

- pia'sının (*Oreochromis niloticus*) verimli bir şekilde tasarlanması. *Revista Cubana de Ciencia Agricola* 45: 183–186.
176. Nguyen TN, Davis DA (2009) Juvenil Nil tilapia, *Oreochromis niloticus*'un pratik diyetlerinde metiyonin gereksinimi. *Dünya Su Ürünleri Derneği Dergisi* 40: 410–416.
 177. Zuhisayam, AK, Kabir, MA, Munir, MB ve Wei, LS (2020). Afrika yayın balığı (*Clarias gariepinus*) üretiminde balık yemi peletinde yenilebilir kaplama malzemesi olarak fermente soya posasının kullanımı. *Su Ürünleri Yetiştiriciliği, Akvaryum, Koruma ve Mevzuat*, 13, 296–308.
 178. Zhang, Q., Guo, M., Li, F., Qin, M., Yang, Q., Yu, H., Xu, J., Liu, Y. ve Tong, T. (2023). Coho Somonu'nun (*Oncorhynchus kisutch*) büyüme performansı, antioksidan kapasitesi, bağışıklığı ve mTOR sinyal yolu üzerinde porsiyon balık ununun yerine fermente soya unu kullanılmasının değerlendirilmesi. *Su Ürünleri Beslenmesi*, 2023.
 179. Howlader, S., Sumi, KR, Sarkar, S., Billah, SM, Ali, ML, Howlader, J. ve Shahjahan, M. (2023). Balık ununun soya unu ile değiştirilmesinin, soka yayın balığının (*Heteropneustes fossilis*) büyümesi, yemden yararlanması ve sağlık durumu üzerindeki etkileri. *Saudi Biyolojik Bilimler Dergisi*, 30, Makale 103601.
 180. Rahimnejad, S., Lu, K., Wang, L., Song, K., Mai, K., Davis, DA ve Zhang, C. (2019). Japon levreği (*Lateolabrax japonicus*) diyetlerinde balık ununun *Bacillus pumilus* SE5 ve *Pseudozyma aphidis* ZR1 fermente soya unu ile değiştirilmesi. *Balık ve Kabuklu Deniz Ürünleri İmmünolojisi*, 84, 987–997.
 181. Zhang, W., Tan, B., Deng, J., Dong, X., Yang, Q., Chi, S., Liu, H., Zhang, S., Xie, S. ve Zhang, H. (2021). Genç inci gentian lagos balığının büyümesi, enzim aktivitesi, bağırsak yapısı proteini ve bağışıklık ile ilişkili gen ifadesi ve bağırsak florası üzerinde balık unu yerine yüksek düzeyde fermente soya unu ikamesinin etkileri. *Su Ürünleri Beslenmesi*, 27, 1433–1447
 182. Nimalan, N., Sørensen, SL, Feckaninov' a, A., Ko'scov' a, J., Mudronov' a, D., Gancarcikov' a, S., Vatsos, IN, Bisa, S., Kiron, V. ve Sørensen, M. (2022). Probiyotiklerle desteklenen deniz veya bitki bazlı diyetlerle beslenen Atlantik somonlarında mukozal bariyer durumu. *Su Ürünleri Yetiştiriciliği (Amsterdam, Hollanda)*, 547, Makale 737516.
 183. Viana, MT, Rombenso, AN, del Rio-Zaragoza, OB, Nomura, M., Díaz-Argüello, R. ve Mata-Sotres, JA (2019). Diyetle soya fasulyesi unu kullanan Kaliforniya sarı kuyruklu *Seriola dorsalis*'in bağırsak bozukluğu. *Su Ürünleri Yetiştiriciliği (Amsterdam, Hollanda)*, 513, Madde 734443.
 184. Liu, Y., Chen, Z., Dai, J., Yang, P., Xu, W., Ai, Q., Zhang, W., Zhang, Y. ve Mai, K. (2019). Kalkan balığı (*Scophthalmus maximus* L.) için yüksek soya fasulyesi unu diyetlerinde sodyum bütirat takviyesi: bağırsaktaki inflamatuvar durum, mukozal bariyerler ve mikrobiyota üzerindeki etkiler. *Balık ve Kabuklu Deniz Ürünleri İmmünolojisi*, 88, 65–75.
 185. Miao, S., Zhao, C., Zhu, J., Hu, J., Dong, X. ve Sun, L. (2018). Diyet soya unu, kuzey yılanbaş balığında mikrobiyotayı, morfolojiyi ve inflamatuvar sitokin gen ifadesini değiştirerek bağırsak homeostazını etkiler. *Scientific Reports*, 8, 113.
 186. Zhang, C., Rahimnejad, S., Wang, YR, Lu, K., Song, K., Wang, L. ve Mai, K. (2018). Japon levreği (*Lateolabrax japonicus*) diyetlerinde balık ununun soya unu ile değiştirilmesi: Büyüme, sindirim enzimleri aktivitesi, bağırsak histolojisi ve bağırsak iltihabı ve taşıyıcı genlerin ifadesi üzerindeki etkiler. *Su Ürünleri Yetiştiriciliği (Amsterdam, Hollanda)*, 483, 173–182.
 187. Yaghoubi, M., Mozanzadeh, MT, Marammazi, JG, Safari, O. ve Gisbert, E. (2016). Gümüş-siyah mercan balığı yavrularında (*Sparidentex hasta*) balık ununun soya ürünleriyle (soya unu ve izole soya proteini) diyetle değiştirilmesi. *Su Ürünleri Yetiştiriciliği (Amsterdam, Hollanda)*, 464, 50–59.
 188. Jiang, Y., Zhao, PF, Lin, SM, Tang, RJ, Chen, YJ ve Luo, L. (2018). Genç iri ağızlı levrek (*Micropterus salmoides*) diyetlerinde soya küspesinin fermente soya kalıntısıyla kısmen değiştirilmesi. *Su Ürünleri Beslenmesi*, 24, 1213–1222.
 189. Kopparapu, NK, Duan, Y., Huang, L. ve Katrolia, P. (2022). Mısır nişastası endüstrisinin bir yan ürünü olan mısır glütenu ununun katma değerli ürünlerin üretimi için kullanımına ilişkin bir

- inceleme. Uluslararası Gıda Bilimi ve Teknolojisi Dergisi, 57, 5592–5599.
190. Huang, P., Zhao, W., Cai, L., Liu, Y., Wu, J. ve Cui, C. (2024). Enzimatik modifikasyon yoluyla ekstrüde mısır gluteni ununun fonksiyonel özelliklerinin, sindirim özelliklerinin ve in vitro sindirim ürünü fizyolojik aktivitesinin geliştirilmesi. Gıda ve Tarım Bilimi Dergisi, 104, 3477–3486
 191. Wang, L., Yindo, N., Sagada, G., Hua, Y., Li, H., Zhang, J. ve Shao, Q. (2020). Kara çipura (*Acanthopagrus schlegelii*) yavrularının diyetinde balık ununun mısır gluten unu, bezelye protein izolatu ve bunların karışımıyla kısmen değiştirilmesi: büyüme performansı, yem kullanımı ve hematolojik parametreler üzerindeki etkiler. Su Ürünleri Araştırması, 51, 2071–2083
 192. Hisano H, Sampaio GG, Sampaio ZJ, De Souza FE, Casimiro FJ, Barros MM (2003) Nilodaki alevler için sütü süt proteinini gluteni yerine protein ikamesi. Acta Scientiarum Hayvan Bilimi/ Maringa 25: 255–260.
 193. Seong, M., Lee, S., Lee, S., Song, Y., Bae, J., Chang, K. ve Bai, SC (2018). Farklı seviyelerdeki fermente bitki bazlı diyet proteininin etkileri, genç zeytin pisi balığında (*Paralichthys olivaceus*) büyüme, hematoloji ve spesifik olmayan bağışıklık tepkileri üzerinde yoğunlaşmaktadır. Su Ürünleri Yetiştiriciliği (Amsterdam, Hollanda), 483, 196–202.
 194. Hern'andez, C., Liz'arraga-Vel'azquez, CE, Contreras-Rojas, D., S'anchez-Guti' errez, EY, Martínez-Monta' no, E., Ibarra-Castro, L. ve Pe' na-Marín, ES (2021). Yavru benekli gül mercan balığı (*Lutjanus guttatus*) yemlerinde mısır gluteni ile balık unu ikamesi: Büyüme performansı, yem verimliliği, hematolojik parametreler, proteaz aktivitesi, vücut kompozisyonu ve besin sindirilebilirliği üzerindeki etkisi. Su Ürünleri Yetiştiriciliği (Amsterdam, Hollanda), 531, Makale 735896. <https://doi.org/10.1016/j.>
 195. Song, X., Marandel, L., Skiba-Cassy, S., Corraze, G., Dupont-Nivet, M., Quillet, E., Geurden, I. ve Panserat, S. (2018). İki izogenik gökkuşağı alabalığı hattının karaciğer ve kaslarındaki ara metabolizmanın diyet karbonhidratları tarafından düzenlenmesi. Fizyoloji Alanındaki Sınırlar, 9, 1579.
 196. Rosentrater KA. ve Muthukumarappan K., (2006). Mısır etanolü yan ürünleri: üretimi, özellikleri ve gelecek beklentileri. Uluslararası Şeker Dergisi, 108, 648-657.
 197. Spiehs MJ., Whitney MH. ve Shurson GC., (2002). Minnesota ve Güney Dakota'daki yeni etanol tesislerinden üretilen çözünür maddeler içeren damıtıcı kurutulmuş tahıllar için besin veritabanı. Hayvan Bilimi Dergisi, 80 (10), 2639-2645.
 198. Belyea RL., Rausch KD., Tumbleson ME., (2004). Kuru öğütme etanol işlemlerinden elde edilen çözünür maddelerle mısır ve damıtılmış kurutulmuş tahılların bileşimi.
 199. Liu K. ve Rosentrater KA., (2012). Damıtıcı Tahıllar: Üretim, Özellikler ve Kullanım. CRC Press, 540 sayfa, Abingdon, İngiltere.
 200. Cheng ZJ. ve Hardy RW., (2004). Çözünür maddeler içeren mısır damıtıcısının kurutulmuş tahılına mikrobiyal fitaz takviyesinin gökkuşağı alabalığı *Oncorhynchus mykiss*'in besin sindirilebilirliği ve büyüme performansı üzerindeki etkileri. Uygulamalı Su Ürünleri Yetiştiriciliği Dergisi, 15, 83-100.
 201. Lim C. ve Yıldırım-Aksoy M., (2008). Balık yemlerinde alternatif protein kaynağı olarak çözünür maddeler içeren damıtık kurutulmuş taneler. 12-14 Ekim tarihlerinde Mısır'da düzenlenen 8. Uluslararası Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde Tilapia Sempozyumu Bildirileri'nin 67-82. sayfaları.
 202. Salim HM., Kruk ZA. ve Lee BD., (2010). Kümes hayvanı diyetlerinin bir bileşeni olarak çözünür maddeler içeren mısır damıtıcı kurutulmuş tanelerinin besin değeri: Bir inceleme. Dünya Kümes Hayvancılığı Bilimi Dergisi, 66, 411-432.
 203. Chevanan N., Rosentrater KA. ve Mutjukurappan K., (2005). Ekstrüzyon teknolojisiyle balık yemi olarak damıtılmış kurutulmuş tanelerin kullanımı - bir inceleme. ASAE Yıllık Uluslararası Toplantısı, Bildiri Numarası 056025, Tampa, Florida. Lim C., Li E. ve Klesius PH., (2011). Tilapia diyetlerinde alternatif bir protein kaynağı olarak çözünür maddeler içeren damıtılmış

- kurutulmuş taneler. Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde İncelemeler, 3, 172-178.
204. Han J. ve Liu K., (2010). Mısırdan kuru öğütülmüş etanol işleme sırasında bileşim ve amino asit profilindeki değişiklikler ve DDGS proteinlerine maya katkısının tahmini. Tarım ve Gıda Kimyası Dergisi, 58, 3430-3437.
 205. Belyea, RL, Rausch, KD, Clevenger, TE, Singh, V., Johnston, DB ve Tumbleson, ME (2010). DDGS bileşimindeki varyasyon kaynakları. Hayvan Yemi Bilimi ve Teknolojisi, 159, 122-130.
 206. Webster CD, Rawles SD, Koch JF, Thompson KR, Kobayashi Y, Gannam AL ve diğerleri (2016) Siyah sol sineği larvaları, *Hermetia illucens* için bir substrat olarak çözünür maddeli damıtıcı kurutulmuş tahılların (DDGS) ve kümes hayvanı yan ürünleri unu ve soya unu ile birlikte Nil tilapia, *Oreochromis niloticus* için diyetlerde balık ununun tamamen yerine kullanılmasının Biyo-Tarımsal olarak yeniden kullanımı. Su Ürünleri Beslenmesi 22: 976-988.
 207. Khalifa NSA, Belal IEH, El-Tarabily KA, Tariq S, Kassab AA (2017) Nil tilapia *Oreochromis niloticus* yavrularının ticari diyetinde balık ununun mısır protein konsantresi ile değiştirilmesinin değerlendirilmesi. Su Ürünleri Beslenmesi 00:1-10.
 208. Herath SS, Haga Y, Satoh S (2016) Mısır yan ürünü bazlı diyetlerle uzun süreli beslemenin Nil tilapia'sının (*Oreochromis niloticus*) büyümesi, fileto rengi ve yağ asidi ve amino asit bileşimi üzerindeki etkileri. Su Ürünleri Yetiştiriciliği 464: 205-212.
 209. Bonaldo, A., di Marco, P., Petochi, T., Marino, G., Parma, L., Fontanillas, R., Koppe, W., Mongile, F., Finioia, MG ve Gatta, PP (2015). Psetta maxima L. adlı kalkan balığı yavrularının diyetlerindeki bitkisel protein seviyelerinin artırılması, büyüme performansını ve balık refahını etkiler. Su Ürünleri Beslenmesi, 21, 401-413
 210. Storebakken, T., Shearer, KD, Baeverfjord, G., Nielsen, BG, Åsgård, T., Scott, T. ve De Laporte, A. (2000). Buğday gluteni içeren diyetlerle beslenen Atlantik somonunda (*Salmo salar*) makro besin öğelerinin, enerjinin ve amino asitlerin sindirilebilirliği, elementlerin emilimi ve bağırsak enteritinin yokluğu. Su Ürünleri Yetiştiriciliği (Amsterdam, Hollanda), 184, 115-132.
 211. Johny, A., Berge, GM, Borgevik, AS, Krasnov, A., Ruyter, B., Fæste, CK ve Østbye, TKK (2020). Atlantik somonunda diyet buğday glutenine karşı duyarlılık, karaciğer ve bağırsaktaki gen ifadesi değişiklikleriyle gösterilmiştir. Genler, 11, 1339.
 212. Sklan D, Prag T, Lupatsch I (2004) Yem bileşenlerinin görünür sindirilebilirlik katsayıları ve bunların tilapia *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus* (Teleostei, Cichlidae) diyetlerindeki tahmini. Su Ürünleri Araştırması 35: 358-364.
 213. Lim C, Li E, Klesius PH (2011) Tilapia diyetlerinde alternatif bir protein kaynağı olarak çözünürlerle damıtılmış kurutulmuş tahıllar. Su kültürü 3: 172-178.
 214. Li E, Lim C, Cai C, Klesius P (2011) Farklı seviyelerde çözünür maddeler içeren buğday damıtıcı kurutulmuş tahılları içeren diyetlerle beslenen Nil tilapia'sının (*Oreochromis niloticus*) *Streptococcus iniae*'ye karşı büyüme tepkisi ve direnci, lizin takviyesiyle veya takviyesiz. Hayvan Yemi Bilimi ve Teknolojisi 170: 246-255.
 215. Agbo NW, Madalla N, Jauncey K (2015) Genç Nil tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) diyetlerinde diyet protein kaynağı olarak yağlı tohum unlarının karışımları. Bilim ve Teknoloji Dergisi 35:11-24.
 216. Soltan MA, Hanafy MA, Wafa MIA (2008) Nil tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) diyetlerinde balık ununun farklı bitkisel protein kaynaklarının bir karışımıyla değiştirilmesinin etkisi. Global Veterinaria 2: 157-164.
 217. Gonzalez-Felix ML, Perez-Velazquez M, Villalba-Villalba AG, Civera-Cerecedo R, Ezquerro JM, Goytortua BE (2010) Kuzeybatı Meksika'da Nil Tilapia (*Oreochromis Niloticus*) 524 kültürü için bir diyet uyarlama. Deniz Bilimi ve Teknolojisi Dergisi 18: 674-681.
 218. Michelato M, de Oliveira-Vidal LV, Orlandi XT, Batista de Moura L, Losi AAF, Breno PV ve diğerleri (2016) Bitirme Nil tilapiasının kas gelişimini ve fileto verimini artırmak için diyet lizin gereksinimi. Su Ürünleri Yetiştiriciliği 457: 124-130.
 219. Al-Thobaiti A, Al-Ghanim K, Ahmed Z, Suliman EM, Mahboob S (2017) Balık ununun fark-

- lı bitki protein kaynaklarının bir karışımıyla değiştirilmesinin Nil Tilapia'sının (*Oreochromis niloticus* L.) diyetlerindeki büyüme performansı üzerindeki etkisi. *Brezilya Biyoloji Dergisi* <https://doi.org/10.1590/1519-6984.172230>
220. El-Saidy DMS, Gaber MMA (2003) Genç Nil tilapisi *Oreochromis niloticus* (L.) diyetlerinde balık ununun farklı bitkisel protein kaynaklarının bir karışımıyla değiştirilmesi. *Su Ürünleri Araştırması* 34: 1119–1127.
 221. Borgeson TL, Racz VJ, Wilkie DC, White LJ, Drew MD (2006) Nil tilapia (*Oreochromis niloticus*) balıklarına verilen diyetlerde balık unu ve yağının basit veya kompleks bitkisel içerik karışımlarıyla değiştirilmesinin etkisi. *Su Ürünleri Beslenmesi* 12: 141–149.
 222. Lafarga, T. (2021). Yağ ve yağlı tohumların üretimi ve tüketimi. Yağ ve yağlı tohum işleme: fırsatlar ve zorluklar (s. 1–21). John Wiley & Sons Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781119575313.ch1>. Tom ' Lafarga, Gloria Bobo ve Ingrid Aguilo-Aguayo tarafından düzenlenmiştir. John Wiley & Sons Ltd. tarafından 2021'de yayınlanmıştır.
 223. Thiyam, U., Kuhlmann, A., Stockmann, H. ve Schwarz, K. (2004). Antioksidan potansiyeli açısından kolza yağı yan ürünlerinin beklentileri. *Comptes Rendus Chimie*, 7, 611–616
 224. Muranova, TA, Zinchenko, DV, Kononova, SV, Belova, NA ve Miroshnikov, AI (2017). Su ürünleri yetiştiriciliğinde balık yavrularının yemi olarak kullanılan bitki protein hidrolizatları. Kral yengeç hepatopankreasından elde edilen bir enzim kompleksi tarafından kolza proteinlerinin hidrolizi. *Uygulamalı Biyokimya ve Mikrobiyoloji*, 53, 680–687.
 225. Gonzalez-Salas R, Romero-Cruz O, Valdivie-Navarro M, Ponce Palafox JT (2014) Los ürünler ve alt ürünler bitkiler, hayvanlar ve tarımsal sanayiler: Tilapia'nın diğer fikirleri için bir alternatif. *Revista Biotecnología* 2: 240–251.
 226. Sallam, EA, Matter, AF, Mohammed, LS, Azam, AE, Shehab, A. ve Mohamed Soliman, M. (2021). Balık ununun kolza unu ile değiştirilmesi: *Oreochromis niloticus* ve *Sarotherodon galilaeus* yavrularının büyüme performansı, karlılık ölçümleri, serum biyobelirteçleri, antioksidan durumu, bağırsak morfolojik analizi ve su kalitesi üzerindeki potansiyel etkisi. *Veterinerlik Araştırma İletişimleri*, 45, 223–241.
 227. Rodriguez SM, Olvera-Novoa MA, Carmona OC (1996) Nil tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) yavruları için pratik diyetlerde hayvansal yan ürün ununun besin değeri. *Su Ürünleri Araştırması* 27:67–73.
 228. Mosenthin, R., Messerschmidt, U., Sauer, N., Carr'e, P., Quinsac, A. ve Sch'one, F. (2016). Çözücülerden arındırma/kavurma işleminin kolza tohumu ununun kimyasal bileşimi ve protein kalitesi üzerindeki etkisi. *Hayvan Bilimi ve Biyoteknoloji Dergisi*, 7, 1–12. <https://doi.org/10.1186/s40104-016-0095-7>
 229. Kaiser, F., Harloff, HJ, Tressel, RP, Kock, T. ve Schulz, C. (2021). Gökkuşluğu alabalığına (*Onchorynchus mykiss*) verilen diyetlerde balık unu alternatifi olarak yüksek oranda saflaştırılmış kolza protein izolatının besin sindirilebilirliği ve büyüme performansı üzerindeki etkileri. *Su Ürünleri Beslenmesi*, 27, 1352–1362
 230. Dossou, S., Koshio, S., Ishikawa, M., Yokoyama, S., Dawood, MAO, el Basuini, MF, Olivier, A. ve Zaineldin, AI (2018). *Aspergillus oryzae* fermente kolza tohumu unu (RM-Koji) ile beslenen kırmızı çipurada (*Pagrus major*) büyüme performansı, kan sağlığı, antioksidan durumu ve bağırsak tepkisi. *Balık ve Kabuklu Deniz Ürünleri İmmünolojisi*, 75, 253–262.
 231. Plaipetch P, Yakupitiyage A (2014) Soya unu yerine maya ile fermente edilmiş kanola unu kullanılması Nil tilapia'sının (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus 1758) büyümesi ve besin tutulumu üzerindeki etkisi. *Su Ürünleri Araştırması* 45: 1744–1753.
 232. Zhou QC, Yue YR (2010) Soya unu yerine kanola unu kullanılması genç melez tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*)'nın büyümesi, yemden yararlanması ve hematolojik indeksleri üzerine etkisi. *Su Ürünleri Araştırması* 41: 982–990.
 233. Abraham, EM, Ganopoulos, I., Madesis, P., Mavromatis, A., Mylona, P., NianiouObeidat, I., Parissi, Z., Polidoros, A., Tani, E. ve Vlachostergios, D. (2019). Hayvan beslenmesinde protein

- kaynağı olarak lupin kullanımı: Genomik araçlar ve ıslah yaklaşımları. Uluslararası Moleküler Bilimler Dergisi, 20.
234. Struti, DI, Mierlita, D., Pop, IM, Ladosi, D. ve Papuc, T. (2020). Kabuğu soyulmuş acı bakla tohumu ununun (*Lupinus spp. L.*) kimyasal bileşiminin ve besin kalitesinin değerlendirilmesi ve monogastrik hayvan beslenmesinde kullanımı: bir inceleme. Bilimsel Makaleler. D Serisi. Hayvan Bilimi, 63, 92–105.
 235. Parrini, S., Aquilani, C., Pugliese, C., Bozzi, R. ve Sirtori, F. (2023). Domuz beslenmesinde soya fasulyesinin alternatif protein kaynaklarıyla değiştirilmesi ve et kalitesi üzerindeki etkisi. Hayvanlar, 13, 494.
 236. Sujak, A., Kotlarz, A. ve Strobel, W. (2006). Çeşitli acı bakla tohumlarının bileşimsel ve besinsel değerlendirmesi. Gıda Kimyası, 98, 711–719
 237. De Vries, S., Pustjens, AM, Scols, HA, Hendriks, WH ve Gerrits, WJJ (2012). Domuz ve kümes hayvanlarında lif açısından zengin yemlerin sindirimsel kullanımının işleme ve enzim teknolojileriyle iyileştirilmesi: Bir inceleme. Hayvan ve Yem Bilimi Teknolojisi, 178, 123–138
 238. Ritter, SW, Gastl, MI ve Becker, TM (2022). Baklagil bazlı içeceklerde kullanımlarını kolaylaştırmak için substrat modülasyonu ve laktik asit fermentasyonu yoluyla acı bakla ve bakla fasulyesindeki uçucu ve uçucu olmayan bileşiklerin modifikasyonu - Bir inceleme. Gıda Bilimi ve Gıda Güvenliğinde Kapsamlı İncelemeler, 21, 4018–4055.
 239. Siddik, MA, Pham, HD, Francis, DS, Vo, BV ve Shahjahan, M. (2021). Yüksek bitkisel proteinli diyetlerde balık proteini hidrolizatının diyet takviyesi, barramundi'nin (*Lates calcarifer*) büyümesini, karaciğer ve böbrek sağlığını ve bağışıklığını düzenler. Su Ürünleri Yetiştiriciliği Beslenmesi, 27, 86–98
 240. Pham, HD, Siddik, MA, Fotedar, R., Chaklader, MR, Foysal, MJ, Nguyen, CM ve Munilkumar, S. (2020). Cobia *Rachycentron canadum* diyetlerinde balık ununun lupin (*Lupinus angustifolius* çekirdeği unu ile değiştirilmesi: Büyüme performansı, besin kullanımı, hemato-fizyolojik yanıt ve bağırsak sağlığı üzerindeki etkiler. Hayvan ve Yem Bilimi Teknolojisi, 267, Makale 114556
 241. Chien, Y. ve Chiu, Y. (2003). İç mekanda yetiştirilen genç tilapia (*Oreochromis niloticus* × *O. aureus*) diyetinde soya fasulyesi (*Glycine max* (L.) Merrill) unu yerine acı bakla (*Lupinus angustifolius*) tohum unu kullanılması. Su Ürünleri Araştırması, 34, 1261–1268.
 242. Anwar, A., Wan, AH, Omar, S., El-Haroun, E. ve Davies, SJ (2020). Çiftlik sazanı (*Cyprinus carpio*) diyetlerine beyaz acı bakla (*Lupinus albus*) unu katılımını artırmak için katı hal fermentasyon takviyesinin potansiyeli. Su Ürünleri Yetiştiriciliği Raporları, 17, Makale 100348.
 243. Guevara Oquendo, VH, Rodriguez Espinosa, ME ve Yu, P. (2022). Gıda ve yem türlerinde bakla ve bakla yemi, fizikokimyasal, besinsel ve moleküler yapısal özellikleri ile moleküler spektroskopisi üzerine araştırma ilerlemesi. Gıda Bilimi ve Beslenmede Kritik İncelemeler, 62, 8675–8685
 244. Rizzello, CG, Losito, I., Facchini, L., Katina, K., Palmisano, F., Gobetti, M. ve Coda, R. (2016). Bakla ununun fermentasyonu sırasında visin, konvisin ve bunların aglikonlarının bozunması. Bilimsel Raporlar, 6, 1–11.
 245. Li, Q., Huang, Y., Zhang, X., Qin, Z., Zou, C., Tan, X., Xie, X., Liang, S. ve Lin, L. (2023). Baklagillerin (*Vicia faba* L.) tilipyanın (*Oreochromis niloticus*) büyüme performansı, dokusal kalitesi ve fizyolojik indeksleri üzerindeki etkileri. Su Ürünleri Yetiştiriciliği (Amsterdam, Hollanda), 574, Makale 739640.
 246. Gan, L., Li, XX, Pan, Q., Wu, SL, Feng, T. ve Ye, H. (2017). Soya unu yerine bakla unu kullanılması genç ot sazanı *Ctenopharyngodon idella*'nın büyümesi, yemden yararlanması ve antioksidan durumu üzerindeki etkileri. Su Ürünleri Beslenmesi, 23, 192–200.
 247. Fischer, E., Cachon, R. ve Cayot, N. (2020). *Pisum sativum* ve *Glycine max*, gıda kullanımları için besinsel, fizikokimyasal ve duyuşal özelliklerin karşılaştırmalı bir incelemesi. Gıda Bilimi ve Teknolojisindeki Trendler, 95, 196–204.
 248. Walter, S., Zehring, J., Mink, K., Quendt, U., Zocher, K. ve Rohn, S. (2022). Bezelye (*Pisum*

- sativum) ve fasulyenin (*Vicia faba*) protein içeriği - Yetiştirme koşullarının etkisi. Gıda Kompozisyonu ve Analizi Dergisi, 105, Makale 104257.
249. Wang, L., Yindo, N., Sagada, G., Hua, Y., Li, H., Zhang, J. ve Shao, Q. (2020a). Kara çipura (*Acanthopagrus schlegelii*) yavrularının diyetinde balık ununun mısır gluten unu, bezelye protein izolatu ve bunların karışımıyla kısmen değiştirilmesi: büyüme performansı, yem kullanımı ve hematolojik parametreler üzerindeki etkiler. Su Ürünleri Araştırması, 51, 2071–2083
250. Tewari, G., Pandey, A., Shanthanagouda, AH ve Hundal, JS (2019). Bezelye kabuğunun yem bileşeni olarak kullanılmasının sazan balığı *Cyprinus carpio*'nun büyüme performansı üzerindeki etkisi. Deneysel Zooloji Dergisi, Hindistan, 22.
251. Demirci, B., Terzi, F., Kesbic, OS, Acar, U., Yilmaz, S. ve Kesbic, FI (2021). Bezelye proteini izolatu'nun diyetle alınma düzeyi gökkuşağı alabalığında (*Oncorhynchus mykiss*) sindirim sistemi morfolojisini etkiler mi? Anatomia, Histologia, Embryologia, 50, 956–964.
252. Willora, FP, Nadanasabesan, N., Knutsen, HR, Liu, C., Sørensen, M. ve Hagen, Ø. (2020). Soya ve bezelye proteini konsantreleri içeren diyetlerle beslenen genç yumrulu balıkların (*Cyclopterus lumpus*) büyüme performansı, hızlı kas gelişimi ve kimyasal bileşimi. Su Ürünleri Yetiştiriciliği Raporları, 17, Makale 100352
253. Gonzalez-Rodríguez, ' A., ' Celada, JD, Carral, JM, Saez-Royuela, ' M. ve Fuertes, JB (2016a). Genç kadife balığı (*Tinca tinca* L.) için pratik diyetlerde balık ununun kısmi yerine bezelye proteini konsantresinin değerlendirilmesi. Su Ürünleri Araştırması, 47, 2825–2834.
254. Banjac, V., Vukmirović, Đ., Pezo, L., Draganovic, V., Đuragić, O. ve Colović, R. (2021). Ayçiçeği küspesindeki protein içeriğindeki değişkenliğin ekstrüzyon süreci ve ekstrüde somon yeminin fiziksel kalitesi üzerindeki etkisi. Gıda İşlem Mühendisliği Dergisi, 4.
255. Shi, Y., Cao, X., Zhong, L., Xu, S., Zhang, J., Xie, S. ve Hu, Y. (2023). Büyüyen ot sazanlarının (*Ctenopharyngodon idellus*) diyetlerinde ayçiçeği küspesinin uygulanması ve enzimatik hidrolizin değerlendirilmesi. Su Ürünleri Yetiştiriciliği (Amsterdam, Hollanda), 563, Makale 738908.
256. Furuya VRB, Furuya WM, Hayashi C, Soares CM (2000) Nilo pia del Nilo (*Oreochromis niloticus*), etapa juvenil'in beslenmesinde girasol harına'nın dahil edilmesi. Zootecnia Tropical 18:91–106.
257. Christopher, RB, Ahilan, B., Cheryl, A. ve Samuel, M. (2020). Ayçiçeği küspesi, Nil tilapia *Oreochromis niloticus*'un GIFT suşunun diyetinde soya küspesinin yerine alternatif bir protein kaynağı olarak. Hindistan Balıkçılık Dergisi, 67, 82–88.
258. Zhou, H., Li, C., Bian, F., Man, M., Mai, K., Xu, W. ve He, G. (2016). Balık ununun ayçiçeği unu ile kısmi ikamesinin genç kalkan balığında (*Scophthal musmaximus* L.) yemden yararlanma, bağırsak sindirim enzimi, hematolojik indeksler, bağırsak ve karaciğer morfolojisi üzerindeki etkisi. İsrail Su Ürünleri Dergisi, 1–11.
259. Hassaan, MS, El-Sayed, AIM, Soltan, MA, Iraqi, MM, Goda, AM, Davies, SJ ve Ramadan, HA (2019). Pamuk tohumu unu ile kısmi diyet balık unu değişimi ve ekzojen proteaz takviyesi, Nil tilapia'sında büyümeyi, yem performansını, hematolojik indeksleri ve ilişkili gen ifadesi belirteçlerini (GH, IGF-I) değiştirir. *Oreochromis niloticus*. Su Ürünleri Yetiştiriciliği, 503, 282–292.
260. Kumar, BP, Ramudu, KR ve Devi, BC (2014). Su ürünleri yemlerine balık ununa alternatif olarak pamuk tohumu unu eklenmesine ilişkin mini inceleme. Uluslararası Biyolojik Araştırma Dergisi, 2, 99–105.
261. Wang, J., Clark, G., Ju, M., Castillo, S. ve Gatlin, DM, III (2020c). Menhaden balık unu yerine pamuk tohumu unu kullanılmasının genç kırmızı balık *Sciaenops ocellatus*'un büyüme performansı, yemden yararlanma oranı ve vücut kompozisyonu üzerindeki etkileri. Su Ürünleri Yetiştiriciliği (Amsterdam, Hollanda), 523, Makale 735217
262. El-Saidy DMSD, Gaber MM (2004) Nil tilapia balığı *Oreochromis niloticus* (L.) diyetinde balık ununun tamamen yerine gossypolün detoksifikasyonu için demirle desteklenmiş pamuk tohumu unu kullanımı. Su Ürünleri Araştırması 35: 856–865.

263. Garcia-Abiado MA, Mbahinzireki G, Rinchar J, Lee KJ, Dab Rowski K (2004) Gossypol içeren diyetlerin, sirkülasyonlu bir sistemde yetiştirilen tilapia (*Oreochromis sp.*) balıklarında kan parametreleri ve dalak yapısı üzerindeki etkisi. *Balık Hastalıkları Dergisi* 27: 359–368.
264. Cheng ZJ, Hardy RW (2002) Gökkuşluğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) için pamuk tohumu ununun görünür sindirilebilirlik katsayıları ve besin değeri. *Su Ürünleri Yetiştiriciliği* 212: 361–372.
265. El-Saidy DMSD, Saad AS (2011) Soya küspesinin kısmen ve tamamen pamuk tohumu küspesi ile değiştirilmesinin tek cinsiyetli erkek Nil tilapisi (*Oreochromis niloticus* L.) yavru balıklarının büyümesi, yemden yararlanma ve hematolojik indeksleri üzerindeki etkileri. *Su Ürünleri Araştırması* 42: 351–359.
266. Aslam, MH, Khan, N., Fatima, M., Rashid, MA ve Davies, SJ (2023). Su ürünleri yetiştiriciliğinde başlıca Güney Asya sazan balığı Catla catla'da büyüme performansı, vücut kompozisyonu ve metabolik sağlık durumu göstergeleri üzerinde soya küspesinin yerel pamuk tohumu küspesi ile stratejik olarak değiştirilmesi. *PloS ONE*, 18, Makale e0296220.
267. Emre, N., Güroy, D., Yalın, FB, Emre, Y., Güroy, B., Mantoglu, S. ve Karadal, O. (2018). Rus mersininde (*Acipenser gueldenstaedtii*) soya unu ve pamuk tohumu unu ile balık unu yerine konmasının büyüme performansı, vücut kompozisyonu, hematolojik ve serum parametreleri. *Limnoloji ve Tatlısu Balıkçılığı Araştırma Dergisi*, 4, 169–176.
268. Pianesso, D., Adorian, TJ, Mombach, PI, Dalcin, MO, Loebens, L., Telles, YB ve Silva, LP (2020). Gümüş yayın balığı yemindeki keten tohumu unu (*Linum usitatissimum* L.) protein konsantrasyonunun besinsel değerlendirilmesi. *Hayvan Yemi Bilimi ve Teknolojisi*, 265, Makale 114517
269. Banerjee, S., Kari, ZA, T'ellegz-Isaías, G. ve Ghosh, K. (2023). Balık bağırsağı bakterisi *Bacillus pumilus* (KF640221) ile katı hal fermentasyonundan sonra rohu (*Labeo rohita* (Hamilton)) diyetlerinde keten tohumu yağı kekinin kullanımı: Büyüme, sindirilebilirlik, vücut kompozisyonu ve hematobiyokimyasal profil üzerine bir değerlendirme. *Frontiers in Marine Science*, 10, Makale 1278704
270. Mounes, HA, Abd-El Azeem, Z. M, Abd El-Bary, D. A, Al-Sagheer, AA, AbdElhakim, YM, Hassan, BA ve Ahmed, K. M (2024). *Oreochromis niloticus* diyetlerinde soya küspesinin balkabağı (*Cucurbita maxima*) çekirdeği keki ile değiştirilmesinin su kalitesi, büyüme, antioksidan kapasitesi, bağışıklık ve karkas bileşimi üzerindeki etkisi. *Hayvanlar*, 14, 195.
271. Sezgin, A. ve Aydın, B. (2021). Diyetteki soya küspesinin balkabağı (*Cucurbita pepo*) tohum keki ile değiştirilmesinin aynalı sazan balığının (*Cyprinus carpio*) büyümesi, yemden yararlanma oranı, hematolojik parametreleri ve yağ asidi bileşimi üzerine etkisi. *Su Ürünleri Araştırması*, 52, 5870–5881.
272. Musthafa, MS, Ali, ARJ, Kumar, MSA, Paray, BA, Al-Sadoon, MK, Balasundaram, C. ve Harikrishnan, R. (2017). *Cucurbita mixta* (L.) tohum küspesi zenginleştirme diyetinin *Oreochromis mossambicus*'ta büyüme, bağışıklık tepkisi ve hastalık direnci üzerine etkisi. *Balık ve Kabuklu Deniz Ürünleri İmmünolojisi*, 68, 509–515
273. Zancan, TD, Monserrat, JM, Marreiro Gomes, R. M, Martins, VG, Wasielesky, W., Jr ve Tesser, M. B (2023). Pasifik beyaz karidesinin (*Penaeus vannamei*) diyetine Japon balkabağı çekirdeği ve posası eklenmesinin etkileri. *Hayvanlar*, 13, 3480.
274. Hardy RW (2010) Balık diyetlerinde bitkisel proteinlerin kullanımı: küresel balık unu talebi ve arzının etkileri. *Su Ürünleri Araştırması* 41: 770–776.
275. Tacon, AGJ ve Metian, M. (2015). Yem önemlidir: Su ürünleri yetiştiriciliğinin yem talebini karşılamak. *Rev. Balık Bilimi. Su Ürünleri*. 23, 1–10
276. Froehlich, HE, Sand Jacobsen, N., Essington, TE, Clavelle, T. ve Halpern, BS (2018). Yemli su ürünleri yetiştiriciliğinde yem balıklarının ekolojik sınırlarından kaçınılması. *Nat. Sustain.* 1, 298–303.
277. Bolton, J., Robertson-Andersson, D., Shuuluka, D. ve Kandjengo, L. (2009). Güney Afrika'da abalone yemi için ticari bir ürün olarak entegre sistemlerde *Ulva* (Chlorophyta) yetiştiriciliği:

bir SWOT analizi. *J. Appl. Phycol.* 21, 575–583

278. Pelletier, N., Klinger, DH, Sims, NA, Yoshioka, J.-R. ve Kittinger, JN (2018). Su ürünleri yemleri için mevcut ve gelecekteki protein kaynaklarının örnek bir alt kümesinin beslenme özellikleri, ikame edilebilirliği, ölçeklenebilirliği ve çevresel yoğunluğu: potansiyel sinerjilerin ve takasların ortak değerlendirilmesi. *Çevre Bilimi Teknoloji* 52, 5532–5544.

BÖLÜM 5

BALIK YEMİNDE YEM TEKNOLOJİSİ: İŞLEME TEKNİKLERİ VE PERFORMANS ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Elif Vildan ŞİMŞEK¹

Abdullah ÇİFTÇİ²

Gültekin YILDIZ³

GİRİŞ

Yem teknolojisinin tanımı ve önemi

Yem teknolojisi, yemin besin değerini artırmayı ve hayvanlar tarafından optimum şekilde kullanılmasını sağlamayı amaçlayan bilimsel bir alandır. Yem işleme, bazı besin maddelerini artırırken bazılarını azaltabilir; vitaminler zarar görebilir ve bazı bileşenlerin sindirilebilirliği iyileştirilebilir (1). İşlemenin temel amaçları arasında yem verimini artırmak, parçacık boyutunu ve nem içeriğini kontrol etmek, yem yoğunluğunu ve lezzetini optimize etmek, besin karıştı faktörleri azaltmak ve depolanabilirliği iyileştirmek yer alır.

Balık yemi üretiminde, özellikle su balıkları için, işleme yöntemleri yemin yüzey veya batma özellikleri, sindirilebilirliği ve besin değeri üzerinde doğrudan etkiye sahiptir. Bu nedenle, balık yemi üretiminde kullanılan teknolojinin hem fiziksel hem de besinsel açıdan optimize edilmesi gerekmektedir.

Küresel su ürünleri yetiştiriciliği üretimi, son 70 yılda yılda ortalama %3 artmıştır (2). Bu büyüme, kapsamlı üretim sistemlerinden yoğun üretim sistemlerine geçişi hızlandırmış ve karma yemin önemini artırmıştır. 2022 yılına kadar küresel karma yem üretiminin 1,266 milyar tona ulaşması ve bunun %4,18'inin su ürünleri yetiştiriciliği yemi olması öngörülmektedir (3).

¹ Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Veteriner Hekimliği Doktora Adayı. elifvildan191@gmail.com; ORCID iD: 0009-0008-8166-8163

² Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Veteriner Hekimliği Doktora Adayı. bilgicagihaber@gmail.com ORCID iD: 0000-0002-0302-5399

³ Prof. Dr., Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Hayvan Besleme ve Beslenmeyle İlgili Hastalıklar AD., ORCID iD: 0000-0002-1003-9254

len verilerin endüstriyel uygulamalara doğrudan aktarılmasını desteklemeli ve küçük ölçekli laboratuvar tesislerine erişim mümkün olmalıdır. Büyük veri, Nesnelerin İnterneti (IoT) ve Endüstri 4.0'a dayalı otomasyon, üretimde esneklik, enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik sağlar (137, 138).

13. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Balık beslenme bilimi 20. yüzyılın ortalarından bu yana önemli ilerlemeler kaydetmiş olsa da, birçok türün yaşam döngüsü boyunca beslenme ihtiyaçları henüz yeterince anlaşılamamıştır. Mevcut araştırmalar, beslenme bilimi bulgularını sürdürülebilir üretim, balık sağlığı ve ekolojik dengeyle ilişkilendirmeye odaklanmaktadır. Bu alandaki gelişmeler, su ürünleri yetiştiriciliği verimliliğini, gıda güvenliğini ve ekosistem sürdürülebilirliğini doğrudan etkilemektedir.

Su ürünleri yetiştiriciliği yemleri yalnızca içerik kalitesi açısından değil, aynı zamanda besleme yönetimi ve uygulanan teknolojiler açısından da değerlendirilmelidir. Alternatif içeriklerin kullanımı, dikkatli karakterizasyon, sindirilebilirlik ve lezzet testleri ile desteklenmeli ve hem ekonomik hem de çevresel verimliliği sağlamak için otomatik besleme sistemlerine entegre edilmelidir. Çalışmalar, sürdürülebilir ve performans odaklı su ürünleri yetiştiriciliğine bütünsel bir bilimsel ve teknolojik yaklaşımın gerekliliğini vurgulamaktadır.

KAYNAKLAR

1. Yıldız, G. (2022). Yem Teknoloji. Eds.: Ergün, A., Tuncer, Ş.D., Çolpan, İ., Yalçın, Sakine, Yıldız, G., Küçükersan, MK, Küçükersan, S., Şehu, A., Saçaklı, P. Yemler, Yem Hijyeni ve Teknolojisi, 8. Baskı, Poyraz Ofset, Ankara, s. 321-343, ISBN: 975-97808-3-8.
2. FAO. (2022). Küresel Balıkçılık ve Su Ürünleri Yetiştiriciliğinin Durumu 2022. Şu adresten erişilebilir: <https://doi.org/10.4060/cc0461en>
3. Alltech, (2023). Alltech'in " Tarım -Gıda Görünümü", yem üretimiyle ilgili küresel bir anketten elde edilen verileri yayınlıyor ve tarımdaki etkili eğilimleri vurguluyor. (<http://www.alltech.com/press-release/2023-alltech-agri-food-outlook>)
4. Van der Poel, AFB, Marchal, JLM, (2019). Domuz ve kümes hayvanlarının beslenmesinde geleceğin teknolojileri. İçinde: Hendriks, WH, Verstegen, MWA, Babinszky, L. (eds.), Kümes Hayvanları ve Domuz Beslenmesi. 21. Yüzyılın Zorlukları. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, Hollanda, s. 369–396.
5. Feng, S., Wang, W., Ren, Z., Song, Y., Liu, X., Liu, D., (2015). Farklı parçacık boyutlarında kabuklu, düşük sıcaklıkta yağdan arındırılmış kolza tohumu unundan elde edilen ince tozun işlevsel özellikleri. J. Chin. Tahıl Yağı Derneği. 30 (1), 88–91.
6. Feng, S., Wang, W., Ren, Z., (2016). Isıl işlem ve ince öğütmenin, düşük sıcaklıkta yağdan arındırılmış kabuklu kolza tohumu ununun işlevsel özellikleri üzerindeki etkileri. Tahıl ve Yem Endüstrisi 2, 50–55.

7. Lyu, F., Thomas, M., Hendriks, WH, van der Poel, AFB, (2020). Yem teknolojisinde parçacık boyutunun azaltılması ve parçacık boyutunu belirleme, gösterme ve tahmin etme yöntemleri: genel bir bakış. Animasyon. Yem Bilimi. Teknolojisi. 261, 114347.
8. Tytler P, Calow P. (1985). Balık besleme ve beslenme araştırmalarında laboratuvar yöntemleri. Balık Enerjisi., 125-154.
9. Anras M-LB. (1995). Gölette yetiştirilen Avrupa levreğinin talep yeme davranışı: günlük ve mevsimsel desenler ve çevresel faktörlerin etkileri. Su Ürünleri Uluslararası.; 3:186-195.
10. Millot S, Nilsson J, Fosseidengen JE, Begout ML, Ferno A, Braithwaite VA (2014). Balıklarda yenilikçi davranış: Atlantik morinası, kendi kendine beslenme cihazını kontrol etmek için harici bir işaretleyici kullanmayı öğrenebilir. Hayvan Bilişi, 41.
11. De Mattos BO, Filho ECTN, Barreto KM, Braga LGT, Fortes-Silva R. (2016). Dış mekan tanklarındaki pirarucunun (Arapaima gigas) günlük beslenme ve hareket ritimlerini değerlendirmek için kendi kendini besleyen sistemler ve kızılötesi sensörler. Su Ürünleri Yetiştiriciliği; 457:118-123.
12. Guster, P., (2019). Günümüz yem üreticilerinin karşılaştığı zorluklar. Feed Planet – Yem endüstrisi dergisi.
13. Shofield, P. (2005). Yem fabrikalarının otomasyonu ve kontrolündeki gelişmeler. *Hayvan Yemi Bilimi ve Teknolojisi Dergisi*, 118, 1–15.
14. Pathumnakul, S., Piewthongngam, K., Apichottanakul, A., (2009). Hayvan yemi endüstrisinde yem karışımlarının seçilmesi için bir sinir ağı. Bilg. Elekt. Tarım. 68, 18–24.
15. Sudha, L., Dillibabu, R., Srinivas, S., Annamalai, A., (2016). Yapay sinir ağıları kullanılarak yem üretiminde proses parametrelerinin optimizasyonu. Bilgisayar. Elektrik. Tarım. 120, 1–6.
16. Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., Bogaardt, MJ, (2017). Akıllı Tarımda Büyük Veri – bir inceleme. J. Agrar. Gıda Sistemi Topluluk Geliştiricisi. 153, 69–80.
17. Gilpin, L., (2015). Büyük Veri 2050'ye Kadar Dokuz Milyar İnsanın Beslenmesine Nasıl Yardımcı Olacak (Erişim Tarihi: 2015). <http://www.techrepublic.com/article/how-big-data-is-going-to-help-feed-9-billion-people-by-2050/>.
18. FAO, Emtia Piyasası Gözlemcisi, (2019). Amis. http://www.amis-outlook.org/#jfmulticontent_c363419-3.
19. Glencross, BD, Bourne, N., Rutherford, NR, Hawkins, WE, Burrridge, P., Dods, K., Sweetingham, M. (2015). Kalibrasyon sistemlerinin geliştirilmesinde NIRS kullanımı. Bir yem tanesinin sindirilebilir protein ve enerji içeriğini tahmin etme yöntemleri – acı bakla vaka çalışması. Su Ürünleri Beslenmesi, 21, 54–62.
20. levreği için yem bileşenlerinin sindirilebilirliğine dair bir derleme. Calcarifer. Su Ürünleri Yetiştiriciliği Beslenmesi, 23(5), 1055-1064.
21. Panserat, S. ve Kaushik, SJ (2010). Balıklarda beslenme faktörleri tarafından gen ifadesinin düzenlenmesi. Su Ürünleri Araştırması, 41(5), 751–762. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2009.02173.x>
22. Alfaro, AC ve Young, T. (2018). Su ürünleri yetiştiriciliğinde metabolik uygulamalar: Genel bir bakış. Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde İncelemeler, 10(1), 135–152.
23. Tanveer M, Balasubramanian S, Sivakumar M, Manimehalai N, Jagan P. (2018). Su ürünleri yetiştiriciliğinde besleyicilerin teknik bir incelemesi. Uluslararası J Balık Aquat Stud.;6(4):305–9.
24. Brown GE, Chivers DP (2006) Yırtıcı hayvan karşıtı davranışın dinamik doğası: Av balıkları, yırtıcı hayvan riskinin arka plan seviyesi içerisinde tehdit duyarlı savunma tepkilerini bütünleştirir. Davranış Uluslararası Ekoloji ve Sosyobioloji 61:9–16.
25. Zion B (2012). Su ürünleri yetiştiriciliğinde bilgisayarlı görme teknolojilerinin kullanımı - genel bir bakış. Tarımda Bilgisayarlar ve Elektronik 88: 125–132.
26. Handegard NO, Tjøstheim D (2005). Balıklar bir trol teknesiyle karşılaştığında: Serbest yüzen bir şamandıra ve akustik bölünmüş ışın lokalizasyonu kullanılarak morina balığının davranışının incelenmesi. Kanada Balıkçılık ve Su Bilimleri Dergisi, 62: 2409–2422 (2414).

27. Su ürünleri yetiştiriciliğinde üretim, yem rasyonu ve atık tahmini için biyoenerjetik modellerin ve Balık - PrFEQ yazılımının geliştirilmesi. *Aquat. Living Resour.*, 11, 199–210.
28. Gümüş levrek balığında (*Bidyanus*) diyet karar verme değerlendirmesi için uyarlanabilir sinirsel bulanık çıkarım sisteminin geliştirilmesi *bidyanus*) *Kültür. Su Ürünleri Yetiştiriciliği Teknolojisi* 66:41–51.
29. FAO, 2020. Dünya Balıkçılık ve Su Ürünleri Yetiştiriciliği 2020. FAO, Roma, İtalya.
30. Paolucci, M. (2023). Balık beslenmesi ve yem teknolojisi. *Balıklar*, 8 (3), 146. <https://doi.org/10.3390/fishes8030146>
31. Baldwin JW. (1983). Otomatik besleyicinin tasarımı ve işletimi. *Su Ürünleri Yetiştiriciliği*. 34:151-5. 33.
32. Sun M, Hassan SG, Li D (2016). Su ürünleri yetiştiriciliğinde yem tüketimini tahmin etmeye yönelik modeller: genel bir bakış. *Tarımda Bilgisayarlar ve Elektronik* 127: 425–438
33. Zhou, C., Xu, D., Lin, K., Sun, C., Yang, X. (2018). Balık yetiştiriciliğinde akıllı besleme kontrol yöntemleri: genel bir bakış. *Rev. Aquac.*, 10(4), 975–993.
34. Mal, BC. (1996). Hawaii tipi otomatik balık yemleme makinesinin performansı. *Su Ürünleri Mühendisliği*, 15(2): 81-90
35. Chang CM, Fang W, Jao RC, Shyu CZ, Liao IC (2005). Yılan balıklarının yoğun iç mekan su ürünleri yetiştiriciliği için akıllı bir besleme kontrol cihazının geliştirilmesi. *Su Ürünleri Mühendisliği* 32: 343–353.
36. Soto – Zarazua GM, Rico-Garcia E, Ocampo R, Guevara Gonzalez RG, Gilberto Herrera-Ruiz. (2010). Yoğun tilapia üretimi (*Oreochromis*) için bulanık mantık tabanlı besleme sistemi. *nilotikus*). *Su Ürünleri Uluslararası*; 18:379-391. 38.
37. Emmanuel O, Chinenye A, Forolunsho G, Richardson O, Peter K. (2013). Otomatik balık yemliğinin geliştirilmesi. *Afrika Kök ve Yumrulu Bitkiler Dergisi*; 10(1):27-32.
38. Ogunlela AO, Adebayo AA. (2016). Otomatik balık yemleme makinesinin geliştirilmesi ve performans değerlendirmesi. *Su Ürünleri Araştırma ve Geliştirme Dergisi*; 7(2):1-4.
39. Nirwan S, Swarnakar R, Jayarajan A, Shah P. (2017). Arduino uno ile otomatik balık besleme sisteminin geliştirilmesi. *Uluslararası Mühendislik ve Araştırma Modern Eğilimler Dergisi*; 4(7):64-68. 34.
40. Zion B (2012). Su ürünleri yetiştiriciliğinde bilgisayarlı görme teknolojilerinin kullanımı - genel bir bakış. *Tarımda Bilgisayarlar ve Elektronik* 88: 125–132
41. Rodríguez-Calderon C, Kuehl SA (2013). York Nehri, Chesapeake Körfezi'ndeki aşınma ve birikmenin mekansal ve zamansal kalıpları. *Peake Körfezi, VA. Haliç Kıyı ve Kıta Sahanlığı Bilimi* 117: 148 158.
42. Foster M, Petrell R, Ito MR, Ward R (1995). Görüntü analizi kullanılarak bir deniz kafesinde yenmemiş yem peletlerinin tespiti ve sayımı. *Su Ürünleri Mühendisliği* 14: 251–269.
43. Atoum Y, Srivastava S, Liu X (2015). Yoğun su ürünleri yetiştiriciliği yapılan balık tankları için otomatik besleme kontrolü. *ISPL* 22: 1089–1093.
44. Zhou, X., Wang, W., Xie, S., Song, Y., Liu, X., (2013). Kuru ısıl işlemin kolza proteininin işlevsel özellikleri üzerindeki etkileri. *Yem Endüstrisi* 34 (3), 21–26
45. Boland, MJ, Rae, AN, Vereijken, JM, Meuwissen, MPM, Fischer, ARH, van Boekel, MAJS, Rutherford, SM, Gruppen, H, Moughan, PJ, Hendriks, WH, (2013). İnsan tüketimi için hayvansal proteinlerin gelecekteki arzı. *Trendler Gıda Bilimi ve Teknolojisi*. 29, 62–73.
46. Van Krimpen, MM, Hendriks, WH, (2019). Hayvan beslenmesinde yeni protein kaynakları: değerlendirmeler ve örnekler. *Hendriks, WH, Verstegen, MWA, Babinszky, L. (editörler), Kümes hayvanları ve domuz beslenmesi. 21. yüzyılın zorlukları. Wageningen Akademik Yayıncılar, Wageningen, Hollanda, s. 279–305.*
47. Arun D, Midhun SJ, Sheeja CC, Maurya AK, Divya L. (2023). Bölüm 9 - Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde Probiyotikler ve Prebiyotikler, Editörler: Jyothis Mathew, Midhun Sebastian Jose, Radhakrishnan EK, Ajay Kumar, *Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde Mikrobiyal Teknolojideki Son Geliş-*

- meler, Academic Press, 2023, 209-226, <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90261-8.00005-5>.
48. Cheng H, Sørensen M (2025). Bölüm 10 - Yem Üretim Teknolojisi, Editör: Vikas Kumar, Balık ve Kabuklu Deniz Ürünleri için Yem ve Besleme, Akademik Yayın, sayfalar 279-307, ISBN 9780443215568, <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-21556-8.00008-9>.
 49. Øverland, M., Borge, GI, Vogt, G., Schøyen, HF, Skrede, A., (2011). Doğal gazla üretilen bakteriyel yemle beslenen piliç etlerinin oksidatif stabilitesi ve duyuusal kalitesi. Tavukçuluk. Bilim. 90, 201-210.
 50. Romerheim, OH, Øverland, M., Mydland, LT, Skrede, A., Landsverk, T., (2011). Doğal gazdaki bakteri büyümesi, Atlantik somonunda soya unu kaynaklı enteriti önüyor. J. Nutr. 141, 124-130.
 51. Øverland, M., Karlsson, A., Mydland, LT, Romerheim, OH, Skrede, A., (2013). *Candida utilis* ve *Kluyveromyces*’in değerlendirilmesi Atlantik somonunun (*Salmo salar*) diyetinde protein kaynağı olarak *Marxianus* ve *Saccharomyces cerevisiae* mayaları. Aquacult. 402-403, 1-7.
 52. Ringø, E., Gatesoupe, FJ, (1998). Balıklardaki laktik asit bakterileri: genel bir bakış. Su Ürünleri Yetiştiriciliği (Amsterdam, Hollanda) 160 (3 4), 177 203.
 53. Driehuis, F., Wilkinson, JM, Jiang, Y., Ogunade, I., Adesogan, AT, (2018). Silaj incelemesi: silajdan kaynaklanan hayvan ve insan sağlığı riskleri. Süt Bilimi Dergisi 101 (5), 4093-4110.
 54. Langeland, M., Vidakovic, A., Vielma, J., Lindberg, JE, Kiessling, A., Lundh, T., (2014). Arktik alabalığı (*Salvelinus*), alpinus) ve Avrasya levreği (*Perca*) için mikrobiyal ve midye ununun sindirilebilirliği alpinus) ve Avrasya levreği (*Perca*) alpinus) fluvialis). Su ürünleri yetiştiriciliği Nutr. 22, 485-495.
 55. Pulz, O., Gross, W., (2004). Mikroalg biyoteknolojisinden değerli ürünler. Uygulamalı Mikrobiyoloji. Biyoteknoloji. 65, 635-648.
 56. Taelman, SE, De Meester, S., Roef, L., Michiels, M., Dewulf, J., (2013). Su ürünleri yetiştiriciliğinde yem olarak mikroalglerin ekolojik sürdürülebilirliği: bir yaşam döngüsü perspektifi. Biyolojik kaynak. Teknoloji. 150, 513-522.
 57. Xin, L., Hong-ying, H., Ke, G., Ying- Xue, S., (2010). Farklı azot ve fosfor konsantrasyonlarının tatlı su mikroalgi *Scenedesmus* sp.’nin büyümesi, besin alımı ve lipid birikimi üzerindeki etkileri. Bioresour. Technol. 101 (14), 5494-5500.
 58. Alegbeleye, WO, Obasa, SO, Olude, OO, Otubu, K, Jimoh, W., (2012). Alacalı çekirgenin (*Zonocerus*). *variegatus* L.) genç Afrika yayın balığı *Clarias gariepinus* (*Burchell. 1822*) için besin değerinin ön değerlendirmesi. Su Ürünleri Araştırması 43 (3), 412-420
 59. Ogunji, JO, Nimptsch, J., Wiegand, C., Schulz, C., (2007). Ev sineği magmeal diyetlerinin (*Magmeal*) *Oreochromis karaciğerindeki* katalaz, glutatyon S-transferaz ve glikojen konsantrasyonları üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi. Nil balığı yavruları. Karşılaştırmalı Biyokimya ve Fizyoloji Bölüm A: Moleküler ve Bütünleyici Fizyoloji 147 (4), 942 947.
 60. Love, DC, Halden, RU, Davis, MF, Nachman, KE, (2012). Tüý unu: Çeşitli ilaçların ve kişisel bakım ürünlerinin (PPCP’ler) besin zincirine yeniden girmesi için daha önce bilinmeyen bir yol. Çevre Bilimi ve Teknolojisi 46 (7), 3795-3802.
 61. Hameed, A.; Majeed, W.; Naveed, M.; Ramzan, U.; Bordiga, M.; Hameed, M.; Ur Rehman, S.; Rana, N. (2022). Yem olarak böceklerin kullanımına ilişkin yeni anlayışlar sayesinde su ürünleri yetiştiriciliği endüstrisinin başarısı: Genel bir bakış. Balıklar, 7, 395.
 62. Faheem, M.; Jamal, R.; Nazeer, N.; Khaliq, S.; Hoseinifar, SH; Van Doan, H.; Paolucci, M. (2022). Diyetten *Spirulina platensis* kullanılarak genç ot sazanlarında (*Ctenopharyngodon*). *idella*) büyüme, sindirim ve antioksidan enzimlerin ve bağışıklık tepkisinin iyileştirilmesi. Balık, 7, 237.
 63. Orso, G.; Imperatore, R.; Coccia, E.; Ashouri, G.; Paolucci, M. (2022). Balık yetiştiriciliğinde yem katkı maddesi olarak *Lamiaceae*. *Fische*, 7, 349
 64. Francis G, Makkar HPS, Becker K (2001). Bitki bazlı alternatif balık yemi bileşenlerindeki anti-besin faktörleri ve balıklar üzerindeki etkileri. Su Ürünleri Yetiştiriciliği 199:197-227

65. Krogdahl, Å., Penn, M., Thorsen, J., Refstie, S., Bakke, AM, (2010). Su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanılan bitki bazlı yemlerdeki önemli antinutrientler : Somon balıklarındaki reaksiyonlara ilişkin güncel bulgulara ilişkin bir güncelleme. Su Ürünleri Araştırması 41 (3), 333–344.
66. Saravacos, G., Kostaropoulos, AE, (2016). Gıda İşleme Tesisleri El Kitabı, 2. baskı. Springer International Publishing, Cham. Şurada mevcuttur: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-25020-5>.
67. Fodge, D., ve diğerleri (2007). Yem işleme ve kalite değerlendirmesi. *Hayvan Bilimi Dergisi*, 85(10), 2492–2502.
68. Reese DA, Foltz KL, Moritz JS. (2017). Karıştırma ve örnekleme yönteminin peletlenmiş yemin besin analizi ve yem formülasyonunun doğrulanması üzerindeki etkisi, Uygulamalı Kümes Hayvancılığı Araştırmaları Dergisi, 26 (2): 219-225, <https://doi.org/10.3382/japr/pfw065>.
69. Riaz, MN, Rokey, GJ, (2012). Ekstrüzyon Sorunları Çözüldü. Woodhead Publishing Ltd, Sawston, Cambridge, İngiltere, 184 sayfa.
70. Pérez - Viveros DJ, Díaz-Batalla L, Navarro-Cortez RO, Palma-Rodríguez HM, Hernández-Urribe JP. (2024). Opuntia'dan elde edilen kladodunun fizikokimyasal ve fonksiyonel özellikleri üzerine ekstrüzyonun etkisi cochenillifera ve Opuntia İncir ağacı indica. Uygulamalı Gıda Araştırması, 4 (2): 2, <https://doi.org/10.1016/j.afres.2024.100568>.
71. Labbé R, Paczkowski S, Knappe V, Russ M, Wöhler M, Pelz S. (2020). Hammaddenin parçacık boyutu dağılımının ve nem içeriğinin peletleme verimliliği, pelet kalitesi ve taşıma ve yanma emisyonları üzerindeki etkisi. Yakıt, 263, 116662, <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.116662>.
72. McClements, DJ, (2018). Fonksiyonel gıda bileşenlerinin kapsüllenmesi ve salımında son gelişmeler: Hedeflenen salım. Curr. Nutr. Food Sci. 23, 80–84.
73. Bala, BK, (2017). Tahıl Tanelerinin Kurutulması ve Depolanması, 2. Baskı, John Wiley & Sons
74. Forte, D., Young, G., (2016). Gıda ve Yem Ekstrüzyon Teknolojisi, 1. baskı. Gıda Endüstrisi Mühendisliği, Queensland, Avustralya, ISBN 978-0-9945433-1-8.
75. Samuelson, TA ve Oterhals, Å. (2016). Balık ununun suda çözünür protein içeriği, ekstrüzyon davranışını, faz geçişlerini ve yemin fiziksel kalitesini etkiler. Su Ürünleri Beslenmesi, 22(1), 120–133. <https://doi.org/10.1111/anu.12235>
76. Sørensen, M., (2012). Ekstrüde edilmiş, yüksek enerjili balık yeminin fiziksel özellikleri üzerinde bileşen bileşimi ve işleme koşullarının etkilerine genel bir bakış, yaygın yöntemler kullanılarak ölçülmüştür. Aquac. Nutr. 18, 233–248. Şu adresten erişilebilir: <https://doi.org/10.1111/j.13652095.2011.00924.x>
77. Turchini, GM, Ng, W.-K., Tocher, DR (editörler), 2010. Balık yağı ikameleri ve su ürünleri yemlerinde alternatif lipit kaynakları. CRC Press. Şu adresten erişilebilir: <https://doi.org/10.1201/9781439808634>.
78. Lamichhane, S., Sahtout, K., Smillie, J., Scott, TA, (2015). Piliçler için pelet yemin vakumla kaplanması: fırsatlar ve zorluklar. Animasyon. Yem. Bilim. Teknoloji. 200, 17. Şuradan erişilebilir: <https://doi.org/10.1016/j.anifoodsci.2014.11.015>.
79. Ma, S., Wang, H., Li, J., Xue, M., Cheng, H., Qin, Y. (2020). Düşük nişastalı yemlerin ekstrüzyonu sırasında buğday unu/maniok oranının ve işlem parametrelerinin pelet kalitesine etkisi. Animasyon, Yem, Bilim, Teknoloji. 114714. Şuradan erişilebilir: <https://doi.org/10.1016/j.anifoodsci.2020.114714>
80. Sørensen, M., Orken, T., Kosanovic, M., Øverland, M., (2011). Bezelye ve buğday nişastası farklı işleme özellikleri gösterir ve Atlantik somonu için ekstrüde yemin fiziksel kalitesini ve viskozitesini etkiler. Aquac. Nutr. 17, e326–e336. Şuradan erişilebilir: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2010.00767.x>.
81. Bouvier, JM ve Campanella, OH, (2014). Ekstrüzyon işleme teknolojisi: Gıda ve gıda dışı biyomalzemeler. Şuradan erişilebilir: <https://doi.org/10.1002/9781118541685>.
82. Kaliyan, N. ve Vance Morey, R. (2009). Sıkıştırılmış biyokütle ürünlerinin mukavemetini ve dayanıklılığını etkileyen faktörler, Biyokütle ve Biyoenerji, Cilt 33, Sayı 3, 2009, ss. 337-359, ISSN 0961-9534, <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2008.08.005>.

83. Samuelsen, TA, Oterhals, A., Kousoulaki, K., (2018). Balık yeminde sürdürülebilir bir n-3 uzun zincirli çoklu doymamış yağ asitleri kaynağı olarak lipit açısından zengin mikroalglerin (Schizochytrium sp.) kullanımı - ekstrüzyon süreci ve fiziksel pelet kalitesi üzerindeki etkiler. Animasyon. Yem. Bilim. Teknoloji. 236, 14–28. Şuradan erişilebilir: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.11.020>.
84. Baeverfjord, G., Refstie, S., Krogedal, P., Asgard, T., (2006). Yem peletlerinin düşük su stabilitesi ve suyun dalgalanan tuzluluğu, gökkuşağı alabalığının (Oncorhynchus mykiss) midesinde besin yağının ayrılmasına ve birikmesine yol açar. Su Ürünleri Yetiştiriciliği. 261, 1335–1345. Şuradan erişilebilir: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.08.033>.
85. Bøgevik, AS, Samuelsen, TA, Aspevik, T., Romarheim, OH, Aas, TS, Kalanathan, T., Rønnes-tad I. (2021). Ekstrüde balık yeminin parçalanma kararlılığı, Atlantik somonunda (Salmo salar) mide fonksiyonunu etkiler. Su Ürünleri Yetiştiriciliği. 543, 737006. Şu adresten erişilebilir: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737006>.
86. FCS (2005). Gıda Kontrol Departmanı. Hayvan Yemi Üretimi İçin Kılavuzlar. <http://pillsburyconsulting.com/tmp/downloads/23rdofDecember2010083130.pdf>
87. Troller, JA, Christian, JHB, (1978). Su aktivitesi ve besin. Elsevier. Şu adreste mevcuttur: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-700650-5.X5001-X>.
88. Schlegelmilch, M., Streese, J., Stegmann, R., (2005). Koku yönetimi ve arıtma teknolojileri: Genel bir bakış. Atık Yönetimi. 25, 928–939. Şurada mevcuttur: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2005.07.006>.
89. Sonil, N., (2012). Koku kontrolü için mikrobiyal biyofiltrasyon teknolojisi: Giriş niteliğinde bir inceleme. J. Soil. Sci. Environ. Manage. 3. Şurada mevcuttur: <https://doi.org/10.5897/JSSEM11.090>.
90. Halver, JE (1995). Amino asit gereksinimi çalışmalarında INFIC veri tabanının kullanımı. Uygulamalı İhtiyoloji Dergisi, 11 (3–4), 129–140. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.1995.tb00014.x>
91. NRC (Ulusal Araştırma Konseyi) (1993). Balıkların besin gereksinimleri. National Academy Press, Washington.
92. Guillaume, J., Kaushik, S., Bergot, P. ve Métailler, R. (1999). Akvaryum Hayvanlarının Beslenmesinin Temelleri : Sindirim fizyolojisi ve besin maddelerinin sindirilebilirliği. Toksinlerin ve kabukluların beslenmesi ve diyeti. INRA-IFREMER, 71-74
93. Sugiura, SH, Dong, FM, Rathbone, CK ve Hardy, RW (1998). Somon balığı yemi için çeşitli yem bileşenlerinin görünür protein sindirilebilirliği ve mineral bulunabilirliği. Su Ürünleri Yetiştiriciliği, 159(3–4), 177–202. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(97\)00177-4](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(97)00177-4)
94. Hemre, G.-I. ve Sandnes, K. (1999). Atlantik somonunda yem yağ içeriğinin kas bileşimi üzerindeki etkisi. *Aquacult Besin.*, 5: 9-16., [10.1046/j.1365-2095.1999.00081.x](https://doi.org/10.1046/j.1365-2095.1999.00081.x)
95. Gadiant, M. ve Fenster, R. (1994). Ekstrüde balık yemlerindeki askorbik asit ve diğer vitaminlerin stabilitesi. *Su Ürünleri Kimyası Dergisi*, 124: 207-211.
96. Melcion, JP ve van der Poel, AFB (1993). Proses teknolojisi ve besin karşıtı faktörler: ilkeler, uygunluk ve proses optimizasyonu. *Baklagil tohumlarındaki besin karşıtı faktörlerle ilgili son araştırma bulguları, AFB van der Poel ve ark. (Ed.). EAAP Yayını 70. Wageningen Press (s. 419–434).*
97. Kaushik, SJ (1998). Beslenme biyoenerjisi ve somon olmayanlarda atık üretiminin tahmini. *Aquat. Yaşayan Kaynak*. 11 (4): 211–217. [https://doi.org/10.1016/S0990-7440\(98\)89003-7](https://doi.org/10.1016/S0990-7440(98)89003-7).
98. Kaushik SJ (2000). Yem formülasyonu, diyet geliştirme ve yem teknolojisi. Akdeniz su ürünleri yetiştiriciliğinde gıda balık türlerinin çeşitlendirilmesindeki son gelişmeler. Zaragoza: CIHE-AM, s. 43–51 (Cahiers Options Méditerranéennes ; No. 47).
99. Lovell, T. (1989). Balıkların beslenmesi ve beslenmesi. 1. baskı. Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-1-4757-1174-5>
100. Cahu, C., Infante, JZ, Escaffre, AM, Bergot, P. ve Kaushik, S. (1998). İlk beslemeden itibaren karışık yemle beslenen Avrupa levreği larvalarının (% \$) yetiştirilmesine ilişkin ön sonuçlar.

- Sazan larvalarıyla karşılaştırma () 0). *Su Ürünleri Yetiştiriciliği*, 169(1): 1–7.
101. Aragao C, Colen R, Ferreira S, Pinto W, Conceição Luís EC, Dias J. (2014) Dil balığının diyetinde taurinin mikro kapsüllemesi metabolik kullanılabilirliğini artırır. *Su Ürünleri Yetiştiriciliği* 431:53–58
 102. Glencross BD, Booth M, Allan GL (2007). Bir yem, ancak içindekiler kadar iyidir - su ürünleri yemlerindeki içerikleri değerlendirme stratejilerine genel bir bakış. *Besleme* 13:17–34 <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2007.00450.x>
 103. Glencross, BD, (2020). Bir yem, ancak içindekiler kadar iyidir: Optimum değerlendirme için beslenme araştırma stratejilerine dair bir güncelleme. *Su ürünleri yetiştiriciliği yemi için bileşenlerin bileşimi*. *Aquac. Nutr.* 26, 1871–1883. Şu adresten erişilebilir: <https://doi.org/10.1111/anu.13138>.
 104. *Oncorhynchus mykiss*) beslenmesinde çeşitli *Lupin (Lupinus) angustifolius*) Tohumunun kimyasal bileşiminin ve sindirilebilirliğinin değişkenliğinin değerlendirilmesi. *Animasyon. Yem Bilimi. Teknolojisi*, 107, 117–128.
 105. Petterson, DS, Harris, DJ, Rayner, CJ, Blakeney, AB ve Choct, M. (1999). Hayvancılık için yüksek kaliteli tahılın analiz yöntemleri. *Avustralya Tarımsal Araştırma Dergisi*, 50, 775–787.
 106. Cho, CY ve Kaushik, SJ (1990) Balıklarda beslenme enerjisi: Gökkuşluğu alabalığında (*Salmo gairdnerii*) enerji ve protein kullanımı. *World Rev. Nutr. Diet.*, 61, 132–172.
 107. Maynard, LA ve Loosli, JK (1969) *Hayvan Beslenmesi*, 6. baskı. McGraw-Hill Book Co, New York, NY.
 108. Gomes, EF, Rema, P. ve Kaushik, SJ (1995). Gökkuşluğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) yeminde balık ununun bitkisel proteinlerle değiştirilmesi : sindirilebilirlik ve büyüme performansı. *Su Ürünleri Yetiştiriciliği*, 130, 177–186.
 109. Glencross, BD, Hawkins, WE ve Curnow, JG (2004). Avustralya kolza tohumu ununun besinsel değerlendirmesi. II. Kırmızı çipuraya (*Pagrus*) yedirilen kolza tohumu ununun protein içeriği üzerinde kolza tohumu yağı çıkarma yönteminin etkisinin değerlendirilmesi. *auratus*, *Paulin*). *Aquac. Res.*, 35, 25–34.
 110. (2003). Genç gümüş levrek (*Bidyanus*) tarafından sindirilebilir azot ve dört tarımsal bileşenden elde edilen enerjinin kullanımı. *Su Ürünleri. Besin.*, 9, 317–326
 111. Glencross, BD, Hawkins, WE, Evans, D, McCafferty, P, Dods, K, Jones, JB, Sipsas, S. (2006). Gökkuşluğu alabalığına (*Oncorhynchus mykiss*) yem olarak verildiğinde lupin alkaloidi olan graminin etkisinin değerlendirilmesi. *Su Ürünleri Yetiştiriciliği*, 253, 512–522.
 112. Shearer, KD (2000). Balıkların besin gereksinimleri üzerine yapılan çalışmaların deneysel tasarımı, istatistiksel analizi ve modellenmesi: eleştirel bir inceleme. *Aquac. Nutr.*, 6, 91–102.
 113. Burel, C., Boujard, T., Kaushik, SJ ve diğerleri (2001) Gökkuşluğu alabalığında kolza tohumu unu glukozinolatlarının tiroid metabolizması ve yem kullanımı üzerindeki etkileri. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 124, 343–358.
 114. Dyer, AR, Barlow, CG, Bransden, MP, Carter, CG, Glencross, BD, Richardson, N., Thomas, PM, Williams, KC ve Carra Gher, JF (2004). Çiftlik balıklarında plazma IGF-I konsantrasyonları ile büyüme oranı arasındaki korelasyon: Yeni yemlerin potansiyelini değerlendirmek için bir araç. *Su Ürünleri Yetiştiriciliği*, 236, 583–592.
 115. Kaushik, SJ (1995). Sazan yetiştiriciliği bağlamında besin gereksinimleri, tedariki ve kullanımı, *Su Ürünleri Yetiştiriciliği*. 129 (1–4): 225–241, [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(94\)00274-R](https://doi.org/10.1016/0044-8486(94)00274-R).
 116. *Oncorhynchus mykiss*) için hayvansal protein içeriklerinin görünür sindirilebilirliği. *Su Ürünleri Yetiştiriciliği*, 180(3–4), 345–358.
 117. Glencross, BD, Boujard, TB ve Kaushik, SJ (2003) Gökkuşluğu alabalığı *Oncorhynchus mykiss*'in beslenmesinde oligosakkaritlerin lupin ununun besin değerine olan etkisinin değerlendirilmesi. *Su Ürünleri Yetiştiriciliği*, 219, 703–713.
 118. Thomas, M. ve van der Poel, AFB (2001). Diyet bileşenlerinin fonksiyonel özellikleri: üretim ve beslenme etkileri. İçinde: *Beslenme Teknolojisindeki Gelişmeler 2001* (van der Poel, AFB, Vahl,

- JL & Kwakkel, RP Eds.), 109–122. 1. Dünya Beslenme Konferansı Bildirileri, Utrecht, Hollanda, 7-8 Kasım, Wageningen Pers, Wageningen.
119. Glencross, B., Hawkins, W., Maas, R., Karopoulos, M. ve Hauler, R. (2010). Farklı acı bakla çekirdeği unu tiplerinin ve çeşitlerinin somon balığı yeminin ekstrüzyon süreci, pelet özellikleri ve viskozite parametreleri üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi. *Su Ürünleri Beslenmesi*, 16(1), 13–24. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2008.00636.x>
120. Semba RD (2012). Vitaminlerin keşfi. *Int J Vitam Nutr Res* 82:310–315
121. Black JL (2014). Bilim ve uygulama için hayvan simülasyon modellerinin kısa bir geçmişi ve geleceği. *Anim Prod Sci* 54:1883–1895
122. McLarney W (2013). Tatlı Su Su Ürünleri Yetiştiriciliği: Kuzey Amerika'da Küçük Ölçekli Balık Çiftliği El Kitabı. Echo Point Books and Media, Brattleboro
123. Merrifield D, Ringø E (editörler) (2014). Su ürünleri yetiştiriciliğinde beslenme: Bağırsak sağlığı, probiyotikler ve prebiyotikler. Wiley, Chichester.
124. NRC (Ulusal Araştırma Konseyi) (2011). Balık ve karideslerin besin gereksinimleri. Ulusal Akademi'nin kötü basını, Washington.
125. Naylor, RL, Hardy, RW, Bureau, DP, Chiu, A, Elliott, M, Farrell, AP, Forster, I, Gatlin, DM, Goldborg, RJ, Hua, K, Nichols, D., (2009). Kaynakları sınırlı alanlarda su ürünleri yetiştiriciliğinin beslenmesi. *PNAS* 106 (36), 15103–15110
126. Kortner TM, Björkheim I, Krasnov A ve diğerleri (2014) Bitki bazlı bir diyetle kolesterol eklenmesi, Atlantik somonunda (*Salmo salar* L.) tüm kolesterol sentez yolunu baskılar ve safra asidi üretimini tetikler. *Br J Nutr* 111:2089–2103
127. Tacchi, L., Bickerdike, R., Douglas, A., Secombes, CJ ve Martin, SA (2011). Atlantik somonunda (*Salmo salar*) fonksiyonel gıdalara verilen transkriptomik tepkiler. Balık ve Kabuklu Deniz Ürünleri İmmünolojisi, 31(5), 704–715. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2011.02.023>
128. Simpson SJ, Raubenheimer D (2001). Balıklarda makro besin alımını araştırmak için bir çerçeve. *Aquac Res* 32:421–432
129. Raubenheimer D, Simpson SJ, Mayntz D (2009). Beslenme, ekoloji ve beslenme ekolojisi: entegre bir çerçeveye doğru. *İşlev Ekol* 23:4–16
130. Kamler E (2008) Yumurta sarısı yiyen balıklarda kaynak dağılımı. *Rev Fish Biol Fish* 18:143–200
131. Finn RN, Fyhn HJ (2010). Balık ontogenisinde amino asit gereksinimleri. *Aquac Res* 41:684–716. Flachowsky G, Chesson A, Aulrich K (2005) Genetiği değiştirilmiş bitkilerden elde edilen yemle hayvan beslenmesi. *Arch Anim Nutr* 59:1–40
132. Tocher DR (2010). Deniz ve tatlı su balıklarının ontogeneğinde yağ asidi gereksinimleri. *Aquac Res* 41:717–732
133. Holt GJ (ed.) (2011). Balıkların larva beslenmesi. Wiley, Oxford.
134. Røjbek MC, Støttrup JG, Jacobsen C ve diğerleri (2014) Diyet yağ asitlerinin Atlantik morinasının (*Gadus morhua* L.) yumurta ve larvalarının üretimi ve kalitesi üzerindeki etkileri. *Nutr* 20:654–666
135. Conceição LEC, Yu'fera M, Makridis P ve diğerleri (2010). Balık yetiştiriciliğinin erken aşamalarında canlı yem. *Aquac Res* 41:613–640
136. Rasdi NW, Qin JG (2014) Su ürünleri yetiştiriciliğinde canlı yem olarak kopepodların besin kalitesinin iyileştirilmesi: genel bir bakış. *Aquac Res*. doi:10.1111/are.12471
137. Kusiak, A. (2018). Akıllı üretim. *Int. J. Prod. Res.* 56, 508–517.
138. Marr, B., (2018). Dördüncü Sanayi Devrimi geldi – hazır mısınız? *Forbes*, 13 Ağustos 2018.

BÖLÜM 6

BALIKLARDA BESLENME HASTALIKLARI

Özlem DURNA ¹

GİRİŞ

Küresel balıkçılık ve su ürünleri üretimi, 2020 yılında 214 milyon ton ile tarihindeki en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Bu miktarın 178 milyon tonu sucul hayvanlardan, 36 milyon tonu ise alglerden oluşmaktadır. Özellikle Asya bölgesinde su ürünleri yetiştiriciliğinin hızlı büyümesi, bu artışın temel nedenlerinden biridir. İnsan tüketimi için ayrılan miktar (algler hariç) kişi başına 20,2 kilogram olup, 1960'lardaki 9,9 kilogramlık ortalamanın iki katından fazladır. Birincil sektörde yaklaşık 58,5 milyon kişi istihdam edilmekte olup, geçimlik ve ikincil sektör çalışanları ile bakmakla yükümlü oldukları kişiler dahil edildiğinde, yaklaşık 600 milyon kişinin geçim kaynağı balıkçılık ve su ürünleri yetiştiriciliğine bağlıdır. Uluslararası balıkçılık ve su ürünleri ticareti, COVID-19 pandemisi nedeniyle 2018'deki 165 milyar ABD doları rekor seviyesinden düşerek, 2020 yılında yaklaşık 151 milyar ABD doları gelir elde etmiştir. Su ürünleri yetiştiriciliği, dünya nüfusunun artan beslenme gereksinimlerini karşılamada önemli bir potansiyele sahiptir; ancak bu büyümenin çevresel sürdürülebilirlik ilkeleri çerçevesinde gerçekleştirilmesi zorunludur. 2020 yılında küresel su ürünleri yetiştiriciliği üretimi 122,6 milyon tona ulaşarak rekor kırmış ve ekonomik değeri 281,5 milyar ABD dolarına ulaşmıştır. Üretimin 87,5 milyon tonu sucul hayvanlardan, 35,1 milyon tonu ise alglerden oluşmaktadır. Aynı yıl, Şili, Çin ve Norveç'teki üretim artışları sayesinde Afrika dışındaki tüm bölgelerde büyüme gözlenirken, Mısır ve Nijerya gibi büyük üretici ülkelerdeki azalmalar nedeniyle Afrika genelinde büyüme sınırlı kalmıştır. Buna rağmen, Afrika'nın diğer bölgeleri 2019 yılına kıyasla %14,5 oranında büyüme kaydetmiştir. Asya kıtası, toplam üretimin %91,6'sını karşılayarak su ürünleri yetiştiriciliğinde küresel liderliğini sürdürmüştür. Ancak, bu büyüme çoğunlukla çevresel maliyetler doğurmuştur. Dolayısıyla, sürdürülebilir su ürünleri yetiştiriciliğinin geliştirilmesi, artan talebi karşılamak açısından kritik bir öneme sahiptir. Dünyada su ürünleri tüketiminin son yıllarda önemli ölçüde arttığı ve bu artışın önümüzdeki dönem-

¹ Doç. Dr., Dicle Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları AD.,
odurna36@gmail.com, ORCID iD: 0000-0003-4532-6795

DOI: 10.37609/akya.3977. c3427

KAYNAKLAR

1. FAO. The State of World Fishes and Aquaculture. 2022. (10.11.2025 tarihinde <https://www.fao.org/home/en/> adresinden ulaşılmıştır.).
2. Bozkurt Z. Fish Welfare in Aquaculture. LIMNOFISH-Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research 10(1): 55-72 (2024)
3. Bozkurt Y., Seçer S. F. Balık Yetiştiriciliğinde Bağışıklık Sistemini Düzenleyici Yem Katkı Maddelerinin Kullanımı. *Ziraat Mühendisliği*, 2009; (352), 48-51..
4. National Research Council, Division on Earth, Committee on the Nutrient Requirements of Fish, & Shrimp. *Nutrient requirements of fish and shrimp*. National academies press. 2011. <https://doi.org/10.17226/13039>.
5. Yüngül M., Özdemir Y. Digestion in Fish, Digestive Enzymes and Secretions Int. J. Pure Appl. Sci. 2024; 3(2): 20-32 (2017).
6. Panserat S., Marandel L., Seiliez I., et al. New insights on intermediary metabolism for a better understanding of nutrition in teleosts. Annu. Rev. Animal Biosci. 2019; 7, 195–220. doi:10.1146/annurev-animal-020518-115250
7. Xing, S., Liang, X., Zhang, X., et al. Essential amino acid requirements of fish and crustaceans, a meta-analysis. *Reviews in Aquaculture*, 2024; 16(3), 1069-1086.
8. Aragão C, Engrola S, Costas B. Amino Acid Supplementation in Fish Nutrition and Welfare. *Animals*. 2025; 15(11):1656. <https://doi.org/10.3390/ani15111656>
9. Palma M Editorial: Nutrients and metabolism in fish. *Front. Physiol.* 2023; 14:1346380. doi: 10.3389/fphys.2023.1346380
10. Gopalraaj, J., Velayudhannair, K., Arockiasamy, J.P. et al. The effect of dietary supplementation of proteases on growth, digestive enzymes, oxidative stress, and intestinal morphology in fishes – A review. *Aquacult Int* 2024; 32, 745–765 <https://doi.org/10.1007/s10499-023-01191-8>
11. Balami S., Sharma A., Karn R. *Significance of nutritional value of fish for human health. Malays. J. Halal Res.* 2019; 2, 32–34.
12. Zhang Y, Guo F, Yang X, et al. Insights into the mechanism of growth and fat deposition by feeding different levels of lipid provided by transcriptome analysis of swamp eel (*Monopterus albus*, Zuiew 1793) liver. *Front Immunol*, 2023; 14:1118198
13. Jia R, Hou Y, Zhou L, et al. Comparative Transcriptome Analysis Reveals the Impact of a High-Fat Diet on Hepatic Metabolic Function in Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Animals*. 2024; 14(22):3204. <https://doi.org/10.3390/ani14223204>
14. Köse Ö. Quercetin: a natural remedy against high-fat diet-induced liver steatosis in *Oncorhynchus mykiss*. *Frontiers in Marine Science*, 2025; 12, 1656703. <https://www.frontiersin.org/journals/marinescience/articles/10.3389/fmars.2025.1656703>
15. Zou J., Chen Z., Zheng F. Glycogenic hepatopathy in a primitive teleost fish model: the inductive effect of high carbohydrate diet and the alleviating role of betaine. *Mar Life Sci Technol*, 2025; 1-15. <https://doi.org/10.1007/s42995-025-00301-0>
16. Liao, Z., He, X., Gu, X. et al. Mechanisms of high-glucose-induced mitochondrial damage and glycolipid accumulation in largemouth bass. *J Animal Sci Biotechnol*; 2025; 16, 132 <https://doi.org/10.1186/s40104-025-01261-2>
17. Zhong L., Liu H., Zhang H, et al. High starch in diet leads to disruption of hepatic glycogen metabolism and liver fibrosis in largemouth bass (*Micropterus salmoides*), which is mediated by the PI3K/Akt signaling pathway. *Frontiers in Physiology*, 2022;13, 880513.
18. Desouky H. E., Sayed N. M., Abasubong K. P. et al.. Nutritional and physiological effects of high-fat diets in finfish: effects on growth, immunity, lipid metabolism, and intestinal health: a review. *Journal of Comparative Physiology B*, 2025; 1-23.
19. Wang K., Wang E., Qin Z. et al. Effects of dietary vitamin E deficiency on systematic pathological changes and oxidative stress in fish. *Oncotarget*. 2016; 7: 83869-83879

20. Chen, G., Weiskirchen, S., Weiskirchen, R. Vitamin A: too good to be bad?. *Frontiers in pharmacology*, . 2023; 14, 1186336.
21. Li, Z. M., Wang, X. L., Jin, X. M., et al. The effect of selenium on antioxidant system in aquaculture animals. *Frontiers in Physiology*, 2023; 14, 1153511.
22. Ibrahim, M. S., Mohammady, E. Y., El-Erian, M. A. et al. Dietary Zinc oxide for growth and immune stimulation of aquatic animals species: a review. In *Proceedings of the Zoological Society*, 2023; Vol. 76, No. 2, pp. 59-72. New Delhi: Springer India.
23. Okon S. U., Mgbachidinma C. L., Okon L. U. E., et al. Heavy Metals in Groundwater: Environmental and Health Perspectives. *Groundwater Resource Management Planning Strategies*, 2025; 39-69.
24. Ren, H.C., Ding, Z.L., Yang, S. et al. Insights into the role of choline in farmed fish diet: a short review. *Aquacult Int* 2025, 33, 102 <https://doi.org/10.1007/s10499-024-01772-1>
25. Assar, D.H., Salah, A.S., Rashwan, A.G. et al. Dietary l-carnitine supplementation recovers the hepatic damage induced by high-fat diet in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) via activation of Nrf2/Keap pathway and inhibition of pro-inflammatory cytokine. *Fish Physiol Biochem*, 2025, 51, 40. <https://doi.org/10.1007/s10695-024-01430-6>