

Az apró békalencse (*Lemna minor* L.), mint alternatív fehérjeforrás a hibrid afrikai harcsa (*Clarias gariepinus* Burchell x *Heterobranchus longifilis* Valenciennes) takarmányozásában

Common duckweed (*Lemna minor* L.) as an alternative protein source in the feeding of hybrid African catfish (*Clarias gariepinus* Burchell x *Heterobranchus longifilis* Valenciennes)

Molnár Péter István^{*1} – Bényi Benedek Csaba² – Bak Henrietta^{3,4,5} – Fehér Milán²

¹Debreceni Egyetem, Állattenyésztési Tudományok Doktori Iskola, H-4032 Debrecen, Böszörményi út 138.

²Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Állattenyésztési Tanszék, H-4032 Debrecen, Böszörményi út 138.

³Juhász-Nagy Pál Doktori Iskola, Debreceni Egyetem, H-4032 Debrecen, Egyetem tér 1.

⁴Növénytan Tanszék, Debreceni Egyetem, H-4032 Debrecen, Egyetem tér 1.

⁵HUN-REN-DE Természetvédelmi Biológia Kutatócsoport, Debreceni Egyetem TTK Növénytan Tanszék, H-4032 Debrecen, Egyetem tér 1.

*molnar.peter.istvan@agr.unideb.hu

Összefoglaló

A vizsgálat célja a békalencseliszt (*Lemna minor* L.) takarmány-alapanyagként történő alkalmazásának értékelése volt a hibrid afrikai harcsa (*Clarias gariepinus* × *Heterobranchus longifilis*) termelési és színparamétereire gyakorolt hatásának vizsgálatával. A kísérlet során 7,5%, 15% és 30% békalencselisztet tartalmazó takarmányokat hasonlítottunk össze halliszt-alapú kontrolltakarmánnyal. A békalencsét tartalmazó takarmányok növelték a testtömeggyarapodást és a befejező testtömeget, valamint javították a takarmányhasznosulást a kontrollcsoporthoz képest, miközben a megmaradásban és a biomasszában nem mutatkozott különbség. Az állomány homogenitása javult. A belső szervek tömegében és a bélhosszban statisztikailag nem igazolható, de növekvő tendencia volt megfigyelhető, ami az emésztőrendszer adaptív alkalmazkodására utalhat. A filé világosságát a kezelések nem befolyásolták számottevően, ugyanakkor a sárga színekompone ns növekedése és a vörös komponens csökkenése volt megfigyelhető, különösen a magasabb bekeverési arányok esetén. Eredményeink alapján a békalencseliszt ígéretes, fenntartható alternatívát jelenthet a halliszt részleges kiváltására az afrikai harcsa takarmányozásában.

Abstract

The aim of this study was to evaluate the effects of duckweed meal (*Lemna minor*) as a feed ingredient on growth performance, feed utilization, body composition and colour parameters of hybrid African catfish

(*Clarias gariepinus* × *Heterobranchus longifilis*). Experimental diets containing 7.5%, 15% and 30% duckweed meal were compared with a fishmeal-based control diet. The inclusion of duckweed meal improved weight gain and final body weight and resulted in better feed conversion compared to the control, while no significant differences were observed in survival rate or total biomass. Stock uniformity improved in the treated groups, as indicated by lower coefficients of variation. Although no statistically significant differences were detected in internal organ weights or fillet yield, increasing duckweed inclusion showed a clear positive trend in visceral weight and intestinal length, suggesting adaptive changes in digestive capacity. Fillet lightness (L*) was not affected by dietary treatments; however, a decrease in the red colour component (a*) and an increase in the yellow component (b*) were observed, particularly at higher inclusion levels. Similar trends were recorded for skin colour, with the highest duckweed level resulting in a noticeable shift towards yellow-green hues. Overall, duckweed meal appears to be a promising and sustainable alternative protein source for partial fishmeal replacement in African catfish diets. Inclusion levels between 7.5% and 30% enhanced growth performance and feed efficiency without compromising fish health.

Bevezetés

Az akvakultúra napjaink leggyorsabban növekvő élelmiszer-előállító ágazata (Kumar – Engle, 2016; Ózsári–Máté, 2021), amely megkérdőjelezhetetlen szerepet játszik az élelmiszerellátás biztonságának garan-

tálásában (Alam et al., 2025; Mihály-Karnai et al., 2025; Safari et al., 2025). A *Clarias* nemzetséghez tartozó fajok – így az afrikai harcsa (*Clarias gariepinus*) is – világszinten kiemelt jelentőségűek az akvakultúrában (Lisachov et al., 2023). Nem meglepő tehát, hogy a magyarországi intenzív akvakultúra-termelésben az afrikai harcsa a legnagyobb mennyiségben előállított faj, amivel az Európai Unió legjelentősebb afrikai harcsa termelőjének számít (MA-HAL, 2023). 2024-ben termelése élősúlyban elérte a 5418 tonnát (AKI, 2025). A faj más egzotikus halfajokkal együtt került hazánkba (Pintér, 1980), napjainkban pedig meghatározó szerepet tölt be a haltenyésztésben, hiszen a szűk hőmérsékleti toleranciáját leszámítva tág környezeti és technológiai tűrőképességgel rendelkezik, szaporodásbiológiai tulajdonságai pedig jól szabályozhatóak (Kánainé Sipos et al., 2019; Lisachov et al., 2023). A *C. gariepinus* fajt a magas környezeti tűrőképesség mellett gyors növekedési erély és kedvező takarmányértékesítési mutatók jellemzik. A vundu harcsával (*Heterobranchus longifilis*) létrehozott hibridek esetében e tulajdonságok tovább javíthatók, mivel a hibridek még gyorsabb növekedést és jobb ellenállóképességet mutatnak (Ekelemu, 2010).

A halliszt a haltakarmányok egyik legfontosabb és egyben legköltségesebb összetevője (Toviho–Bársony 2020). Ennek részleges vagy teljes kiváltása növényi eredetű fehérjeforrásokkal gazdasági és fenntarthatósági szempontból is kedvező lehet, feltéve, hogy nem rontja a *C. gariepinus* növekedési teljesítményét és egészségi állapotát (Reda et al., 2021). A halliszt részleges helyettesítésére szolgáló növényi eredetű takarmányalapanyagok használata egyre inkább előtérbe kerül. Jó példa erre a mikroalgák közül a *Spirulina* és a *Chlorella*. Ezek az algák nemcsak költséghatékony takarmányozást tesznek lehetővé, hanem javíthatják a *C. gariepinus* növekedési erélyét, takarmányhasznosítását, túlélési arányát és immunválasztát is (Raji et al., 2018; Raji et al., 2019; Saba et al., 2023).

Reda et al., (2021) azt találták, hogy a halliszt alapú takarmányok 50%-os szójabab (*Glycine max*) és napraforgó (*Helianthus annuus*) liszttel történő kiváltása, metionin- és lizin-kiegészítés mellett, a hallisztalapú táphoz hasonló immunválaszt és alacsonyabb mortalitási rátát eredményeztek a *C. gariepinus* esetén. A keskenylevelű csillagfürt (*Lupinus angustifolius*) szintén kedvező eredményeket mutatott 50%-os kiváltási arány mellett (Yalew et al., 2019).

Afrikai harcsa esetében számos egyéb növényi eredetű takarmány-összetevő alkalmazására is sor került. Ilyenek többek között a mimózák közé tartozó *Leucaena leucocephala* levélőrleménye (Agupugo et al., 2022), a *Moringa oleifera* levele (Ezekiel et al., 2016; Idowu et al., 2017), a görögyszéna-magliszt (Sheikhlir et al., 2018), valamint a kukoricaglutén (Adebayo – Obe, 2017) is. Emellett különböző hüvelyesek és maglisztek – például a Bambara dió (Orire et al., 2015), a *Mucuna pruriens* (Aderolu–Akpabio, 2009), a *Delonix regia* lisztje (Adesina – Agbatan, 2021) – és tengeri moszatok is szerepeltek vizsgálatokban (Al-Asgah et al., 2016).

A békalencse (*Lemnaceae*) fajok ígéretes fehérjeforrást biztosító apró, úszó vízinövények (Körner et al., 2003). Akár a 43% nyersfehérje- és 6% zsírtartalmat is

elérhetik, emellett jól emészthető szárazanyag tartalommal rendelkeznek, amely tulajdonságok miatt nagyszerű takarmányalapanyag válhat a békalencséből (Iqbal, 1999; Toviho et al., 2023). Éppen ezért számos halfaj takarmányozásában történtek már kísérletek különböző békalencselisztek bekeverésére, amelyek eredményei fajonként eltérőek voltak. A sügér (*Perca fluviatilis*) esetében már az alacsony bekeverési arány is kedvezőtlen hatást gyakorolt a termelési paraméterekre (Stadtlander et al., 2023). Ezzel szemben a *H. longifilis* ivadékok esetében a halliszt 10%-os kiváltása *Lemna pauciscostata* liszttel nem befolyásolta a növekedést (Sanni – Fakunle, 2009). Emellett pedig további fajok – mint például a *Barbodes gonionotus* 10%-os (Noor et al., 2000), a *Labeo rohita* 15%-os (Patra, 2015) *L. minor* bekeverési arány mellett, valamint a szivárványos pisztráng (*Oncorhynchus mykiss*) 12%-os *L. gibba* bekeverési arány mellett (Stadtlander et al., 2023) – képesek voltak fenntartani növekedési teljesítményüket.

A szakirodalmi adatok alapján úgy tűnik tehát, hogy a jövőben a *Lemna*-fajok fontos szerepet játszhatnak a haltakarmányozásban, ugyanakkor számos kérdésben továbbra is hiányosak a tudományos ismereteink. Mivel az afrikai harcsa és hibridei elsősorban feldolgozott formában kerülnek értékesítésre, az alternatív takarmányösszetevők értékelése során kiemelt szempont azok hús/filékihozatalra, illetve termékminőségre gyakorolt hatásainak vizsgálata is. Kísérletünk során ezért az alapvető termelési paraméterek meghatározása mellett célunk volt a különböző békalencse bekeverési arányok vágási paraméterekre és hússzínre gyakorolt hatásainak feltárása is.

Anyag és módszer

Tesztkörnyezet

A kísérlet a Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar Halbiológiai Laboratóriumának recirkulációs halnevelő rendszerében zajlott. A rendszer 12 darab 800 l hasznos térfogatú, 144 cm átmérőjű körmedencéből áll, melyhez tartozik egy dobszűrő, egy 2 m³-es akna és egy 3 m³ térfogatú biofilter torony. A biofilter torony 1 m³ biofilter gyöngyöt tartalmaz, melynek fajlagos felülete 1100-1500 m²/m³. A rendszer vizét egy 250 watt (240 l/perc) és egy 370 watt (400 l/perc) névleges teljesítményű szivattyú mozgatja, a levegőztetést egy központi levegőztető rendszer biztosítja, melyből minden kádba egy légsóvel összekötött porlasztókő (50*100 mm) csatlakozik. Az alkalmazott szűrési technológia miatt a rendszer naponta automatikusan lecseréli a teljes víztérfogat 1%-át.

Vízminőségi monitoring

A kísérlet ideje alatt napi rendszerességgel mértük a víz oxigéntartalmát (7,54 mg/l ± 0,61mg/l) és hőmérsékletét (25,97°C ± 0,77°C; Hach Lange HQ30d). A víz nitrogén tartalmát (Ammónia – NH₃-N – Method 8038, Nitrit – NO₂-N – Method 8507, Nitrát – NO₃-N Method 8171) pedig heti rendszerességgel mértük HACH Lange DR/3900 típusú spektrofotométerrel. A vizsgált paraméterek minden mérés során megfelelőnek bizonyultak a halak optimális fejlődéséhez

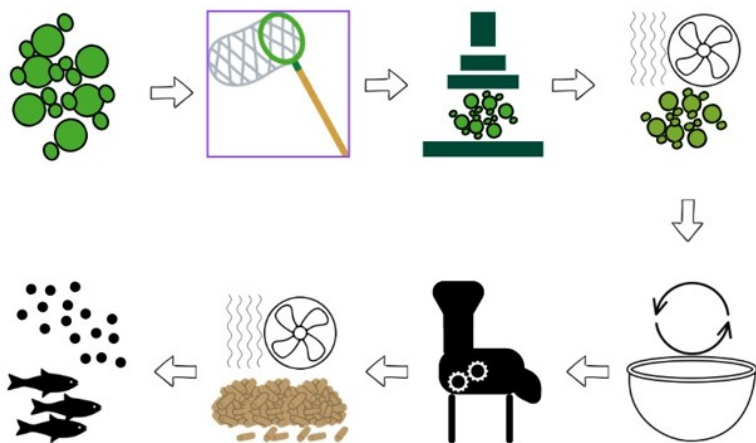
(Ammónia $0,71 \text{ mg/l} \pm 0,13 \text{ mg/l}$, Nitrit $0,07 \text{ mg/l} \pm 0,01 \text{ mg/l}$, Nitrát $3,53 \text{ mg/l} \pm 0,65 \text{ mg/l}$).

Kísérleti állomány

A kísérletben használt hibrid afrikai harcsa (*Clarias gariepinus* x *Heterobranchus longifilis*) állomány a DE MÉK Halbiológiai Laboratóriumának saját állományából származott. A kísérlet elején minden medencébe 15-15 egyedeket helyeztünk ki, melyek átlagtömege $147,59 \pm 14,50$ gramm volt ($CV\%=9,83$).

Takarmányozás

A takarmányhoz adott szárított apró békalencse a DE MÉK Halbiológiai Laboratóriumának saját állományából készült. A frissen begyűjtött békalencsét a felületén megülő víz eltávolítása érdekében 5 percen keresztül centrifugáltuk, majd 2 napon keresztül szárítottuk Alprigo CFD 700 SSG típusú ipari aszalógépben 45°C -os hőmérsékleten ezután a takarmányösszetevőket homogenizáltuk, pelletáltuk és szárítottuk, majd ezután került az automata etetőkbe (1. ábra).



1. ábra. A kísérleti takarmány előállításának lépései. Steps for producing experimental feed.

A takarmányreceptúrák alapján négy kezelést alakítottunk ki, 3-3 ismétlésben: kontroll (0%), 7,5%, 15% és 30%-os kezelések. A receptúrában a halliszt békalencselisztre történő kiváltásának arányát jelölik a százalékos mennyiségek. A kísérlet időtartama 56 nap volt. A kísérlet ideje alatt a halakat teljes sötétségben tartottuk annak érdekében, hogy minimalizáljuk a stresszhatásokat. A takarmányreceptúrák kidolgozásakor fontos szempont volt, hogy a négy különböző összetételű takarmány összes szárazanyagtartalma, nyersfehérje és nyerszsír tartalma megközelítőleg azonos legyen (1. táblázat).

1. táblázat. A kontroll és kísérleti takarmányok összetétele (A táblázatban szereplő alapanyagok összetétele mért, a kísérleti takarmányok összetétele számított és százalékban értendő.) The composition of the raw materials (materials listed in the table are measured, while the composition of the experimental feeds are calculated and expressed as in percentage).

	Kontroll	BL7,5	BL15	BL30
Vérlist(1)	2	2	2	2
JPC 56 szója konc (2)	15	15	18	17,8
Halliszt(3)	40	37	34	28
Békalencse(4)	0	3	6	12
Baktérium liszt(5)	2,2	3,5	3	6,3
Vitamin premix(6)	1	1	1	1
Glükóz(7)	1	1	1	1
C-vitamin(8)	0,001	0,001	0,001	0,001
Halolaj(9)	9,1	9,2	9,4	9,7
Novipel(10)	1	1	1	1
Treonin(11)	0,8	0,8	0,8	0,8
Lizin(12)	1	1,1	1	1
Metionin+cisztin (13)	0,5	0,5	0,5	0,5
Triptofán(14)	0,1	0,15	0,15	0,1
Búza(15)	26,3	24,75	22,15	18,8
Összesen(16)	100	100	100	100
Szárazanyag-tartalom(17)	91,55	91,79	92,01	92,49
Nyersfehérje(18)	40,39	40,39	40,38	40,38
Nyerszsír(19)	14,02	13,95	14	13,98

Bloodmeal(1), JPC 56 Soy concentrate(2), Fishmeal (3), Duckweed(4), Single-cell protein flour(5), Vitamin premix(6), Glucose(7), Vitamin-C(8), Fishoil(9), Novipel(10), Threonine(11), Lysine(12), Methionine+Cystine(13), Tryptophan(14), Wheat(15), Total(16) Az állomány takarmányozását Linn típusú automata etetők végezték, melyek napi 4 alkalommal etették a halakat a kornak és víz hőmérsékletnek megfelelő takarmány mennyiséggel. A kísérlet kezdetén 4%/ttkg, a 8. naptól 3,5%/ttkg, a 15. naptól 3%/ttkg, a 37. naptól a kísérlet végéig 2,5%/ttkg volt a takarmányintenzitás.

Termelési paraméterek vizsgálata

Három alkalommal mérlegeltük a hibrid afrikai harcsa állományt: a kísérlet indításakor, négy hét után és a kísérlet zárásakor. A mérlegeléshez egytizedes pontosságú digitális mérleget használtunk (VWR LP-6501, max: 6500 gramm, 0,1 gramm pontosság), az időközi mérlegelés után a biomasszájának megfelelően korrigáltuk a takarmányadagokat.

A halak termelési paraméterei közül a következőket vizsgáltuk: megmaradás (%), egyedi testsúly (g), biomassza (g), testtömeggyarapodás (g), SGR (%/nap, napi növekedési ütem), FCR (g/g, takarmányhasznosulás).

Az eredmények kiértékeléséhez az alábbi képleteket alkalmaztuk:

Megmaradás (%) =	$100 \times (nt/no)$	(1)
Testtömeggyarapodás (g) =	Wt-Wo	(2)
CV% =	$(SD/M) \times 100$	(3)
FCR (g/g) =	WF (g) / WG (g)	(4)
SGR _{Fish} (%/day)=	$100 \times (\ln Wt - \ln Wo)$	(5)

Wt: befejező testtömeg

Wo: kezdeti testtömeg

CV%: homogenitás

SD: szórás

M: átlag

WF: felhasznált takarmány tömege

WG: testtömeggyarapodás

no: Kiindulási egyedszám

nt: Befejező egyedszám

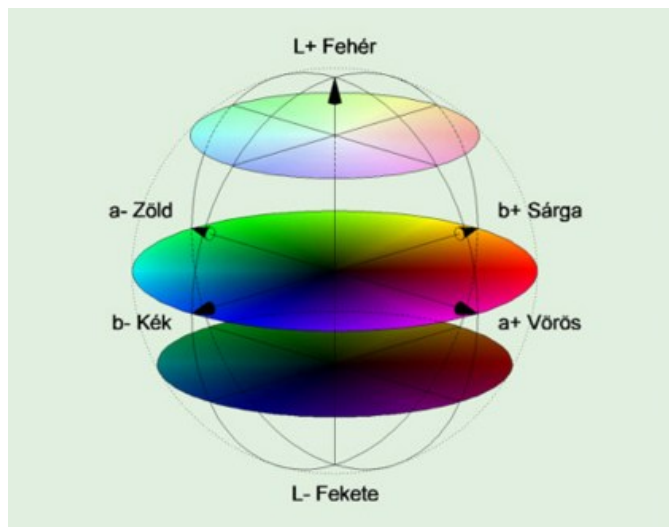
Mintavétel

A belső szervek és a tisztított test tömegének vizsgálata

A kísérlet zárásakor medencénként 3-3 halat véletlenszerűen kiválasztottunk és azok belső szerveinek (belsősegek összesen, máj, epe, hasúri zsír) és tisztított test (kopoltyú és belső szervek nélküli test) tömegét (VWR LP-6501, max: 6500 gramm, 0,1 gramm pontosság), valamint a bélhosszát is lemértük.

A bőr és a filé színének vizsgálata

A belső szervek és a tisztított test tömegének meghatározását követően, filé mintát vettünk a vizsgált egyedektől, majd ezeket vizsgáltuk digitális kromaméter segítségével (CR-400 Chroma Meter), a vágást követően, 24 óra elteltével, előhűtött mintákon. A műszer által mért három érték (L*, a*, b*) együtt határozza meg adott szín helyét a 3D színrendszerben (CIE) (2. ábra). Mérési területenként 3 mérést végeztünk.



2. ábra A CIELAB színmodell leegyszerűsített ábrázolása. Simplified representation of the CIELAB color model (Forrás: BME, Visualizáció jegyzet n.d.).

Statisztikai analízis

Az adatokat egytényezős varianciaanalízissel hasonlítottuk össze. Ha a faktor szignifikánsnak bizonyult ($P < 0,05$), abban az esetben Tukey-tesztet alkalmaztunk az egyes csoportok összehasonlítására.

Eredmények

Termelési paraméterek vizsgálata

A 2. táblázat adatai alapján elmondható, hogy a békalencselisztet tartalmazó takarmányok etetése magasabb testtömeggyarapodást és ennek megfelelően nagyobb befejező testtömeget eredményezett a kontrollcsoporthoz képest. Ezekben a csoportokban az állomány testméretbeli homogenitása is kedvezőbben alakult. A napi növekedési ütem a kontrollcsoportban elmaradt a békalencses takarmányt fogyasztó csoportok értékeihez képest. A takarmányhasznosítás szintén kedvezőbbnek bizonyult a békalencses takarmánnyal etetett csoportokban. Az összbiomassza és a túlélési arány tekintetében ugyanakkor nem mutatkozott számottevő különbség az egyes kezelések között. Mindemellett fontos kiemelni, hogy az eltérő koncentrációk között nem találtunk statisztikailag igazolható különbséget.

2. táblázat. A kezelések termelési paramétereire gyakorolt hatása. (A különböző betűk a szignifikancia szinteket jelölik, $p < 0,05$), a „±” szimbólum után a szórást tüntettük fel.) Effect of treatments on production parameters. (Values marked with “” indicate significant differences ($p < 0.05$), and the standard deviation is indicated after the “±” symbol.)*

	K	BL7,5	BL15	BL30
Kihelyezéskori testtömeg (g)(1)	147,76 ±13,78	146,56 ±14,30	148,64 ±14,62	147,42 ±14,14
Befejező testtömeg (g)(2)	627,40 ±277,36 ^a	740,37 ±222,23 ^b	779,82 ±222,44 ^b	795,26 ±292,31 ^b
Testtömeggyarapodás (g)(3)	479,64 ±10,39 ^a	593,81 ±34,95 ^b	631,18 ±62,78 ^b	647,84 ±43,92 ^b
CV%	30,76 ±4,52 ^a	16,57 ±3,84 ^b	18,81 ±4,72 ^b	19,56 ±3,07 ^b
Napi növekedési ütem (%/nap)(4)	6,4 ±0,02 ^a	6,59 ±0,05 ^b	6,65 ±0,08 ^b	6,67 ±0,06 ^b
Takarmányhasznosulás (g/g)(5)	1,35 ±0,03 ^a	1,12 ±0,05 ^b	1,11 ±0,10 ^b	1,08 ±0,13 ^b
Összbiomassza (g)(6)	8161 ±1317,43	10380 ±1127,1	11225,33 ±1757,20	10662,67 ±2180,68
Megmaradás (%) (7)	86,67 ±13,33	93,33 ±6,67	95,56 ±7,70	88,89 ±13,88

$p < 0,05$

Initial bodyweight(1), Final bodyweight(2), Weight gain(3), Specific growth rate(4), Feed conversion ratio (5), Biomass(6), Survival rate(7)

*A belső szervek**és a tisztított test tömegének vizsgálata*

Bár a vizsgált paraméterek között statisztikailag igazolható különbség nem volt kimutatható, a kapott adatok egyértelmű tendenciákat jeleznek (3. táblázat). A békalencseliszt arányának növekedésével általánosságban a legtöbb belső szerv tömegének élősúlyhoz viszonyított aránya – a bél esetében a hossza – emelkedő mértéket mutatott. Ettől a mintázattól egyedül a máj tömegének élősúlyhoz viszonyított aránya tért el, amelynél nem volt megfigyelhető egyértelmű növekedési tendencia, azonban a 15%-os és a 30%-os kezelés esetében is magasabb értéket mértünk, mint a kontrollkezelésnél.

3. táblázat. A vizsgált egyedek élősúlya grammban megadva, szerveinek és tisztított testének élősúlyukhoz viszonyított százalékos aránya, valamint a bélhosszuk. (A „±” szimbólum után a szórást tüntettük fel.) The live weight of the examined individuals is given in grams, the percentage ratio of their organs and cleaned carcasses to their live weight, and their intestinal length. (The standard deviation is indicated after the “±” symbol.)

	Kontroll	BL 7,5	BL 15	BL 30
Élősúly (g)(1)	728,78 ±85,32	772,00 ±29,22	860,11 ±97,44	812,89 ±71,07
Tisztított test (%) (2)	75,56 ±2,33	75,07 ±3,60	77,29 ±6,13	82,11 ±2,52
Belsőségek (%) (3)	10,72 ±0,81	11,13 ±0,81	11,34 ±0,88	12,39 ±1,39
Máj (%) (4)	1,96 ±0,25	1,64 ±0,16	1,75 ±0,25	1,81 ±0,13
Epe (%) (5)	0,04 ±0,00	0,04 ±0,00	0,04 ±0,00	0,04 ±0,00
Hasúri zsír (%) (6)	1,90 ±0,40	2,34 ±0,49	2,38 ±0,45	2,56 ±0,35
Bélhossz (cm) (7)	64,74 ±7,77	67,96 ±4,95	74,88 ±9,26	73,72 ±8,35

$p > 0,05$

Live weight(1), Carcass(2), Intestines(3), Liver(4), Bile (5), Abdominal fat(6), Intestinal length(7)

A bőr és a filé színének vizsgálata

A bőr színparamétereinek vizsgálata alapján az L^* értékek tekintetében nem mutatkozott szignifikáns eltérés az egyes kezelések között, vagyis a békalencseliszt bekeverése nem befolyásolta a bőr világosságát (4. táblázat). Az a^* paraméter esetében azonban markáns változás volt megfigyelhető: míg a kontrollcsoport pozitív a^* értéke a vörös árnyalat jelenlétére utalt, addig a békalencse koncentrációjának növekedésével ez az érték fokozatos csökkenést mutatott. A b^* értékek a sárga színt komponens jelentős növekedését mutatták a békalencsét tartalmazó takarmánnyal etetett halak esetében. Míg a kontrollcsoport b^* értéke alacsony maradt, a 7,5%-os és 15%-os kezelések már mérsékelt,

szignifikánsan magasabb sárga árnyalatot eredményeztek. A 30%-os kezelés b^* értéke pedig kiemelkedően magas volt, ami intenzív sárga pigmentáció kialakulását jelzi.

4. táblázat. A kezelések színparaméterekre gyakorolt hatása a bőr esetében (A különböző betűk a szignifikancia szinteket jelölik, $p < 0,05$). Effect of treatments on color parameters in skin (Different letters indicate significance levels, $p < 0,05$).

	L^*	a^*	b^*
Kontroll	58,92±8,87 ^a	2,22±1,11 ^c	2,93±1,64 ^a
7,50%	55,99±8,15 ^a	0,79±1,04 ^b	7,15±2,15 ^b
15%	56,28±8,10 ^a	0,40±0,72 ^b	6,50±2,9 ^{8b}
30%	59,88±5,32 ^a	-1,69±0,93 ^a	16,04±3,07 ^c

$p < 0,05$

A filé színparamétereinek vizsgálata alapján megállapítható, hogy a különböző kezelések nem befolyásolták szignifikánsan az L^* értéket, vagyis a filé világosságát (5. táblázat). Az a^* paraméter esetében a kontrollcsoport mutatta a legmagasabb vörösségi értéket, míg a 7,5%-os és 30%-os békalencse lisztes kezelések szignifikánsan alacsonyabb vörös szint eredményeztek a kontrollhoz képest. A 15%-os kezelés értékei statisztikailag nem különböztek egyik csoporttól sem. A b^* értékek tekintetében volt megfigyelhető a legmarkánsabb változás: azt láthattuk, hogy a takarmány békalencse tartalmának növekedésével nőtt a sárga szín intenzitása. A 7,5%-os és 15%-os kezelések esetében kétszeresére nőtt az érték a kontrollhoz képest, a két kezelés között pedig nem volt jelentős különbség megfigyelhető. A 30%-os békalencse tartalmú takarmánnyal etetett egyedek esetében a b^* érték háromszorosára növekedett a kontrollhoz képest és közel duplájára a 7,5%-os és 15%-os kezelésekhez képest.

5. táblázat. A kezelések színparaméterekre gyakorolt hatása a filé esetében (A különböző betűk a szignifikancia szinteket jelölik $p < 0,05$). The effect of treatments on color parameters in the case of fillets (different letters indicate significance levels $p < 0,05$).

	L^*	a^*	b^*
Kontroll	54,94±1,56 ^a	14,78±1,70 ^b	6,20±0,84 ^a
7,50%	55,21±1,59 ^a	12,71±1,31 ^a	12,06±1,65 ^b
15%	54,38±1,53 ^a	13,45±1,86 ^{ab}	13,11±1,64 ^b
30%	54,96±1,36 ^a	12,65±1,70 ^a	22,10±1,27 ^c

$p < 0,05$

Összességében elmondható tehát, hogy a békalencseliszt arányának növelésével fokozódó pigmentáció figyelhető meg a filében: a világosság változatlan maradt, a vörös színintenzitás csökkent, míg a sárga színkomponens jelentősen erősödött (5. táblázat, 3. ábra).



3. ábra. A filé színének változása a takarmány békalencse tartalmának növekedésével (a békalencse koncentráció balról jobbra nő). Change in fillet color with increasing duckweed content in feed (duckweed concentration increases from left to right).

Következtetések

Termelési paraméterek vizsgálata

A vizsgálat eredményei alapján megállapítható, hogy a békalencselisztet tartalmazó takarmány kedvezően befolyásolta a halak termelési mutatóit. A békalencses takarmánnyal etetett csoportok esetében nagyobb testtömeggyarapodást és magasabb befejező testtömeget figyeltünk meg a kontrollcsoporthoz viszonyítva, ami arra utal, hogy a békalencse – mint alternatív fehérjeforrás – jól hasznosul a hibrid afrikai harcsa számára (Udo–Umoren, 2011; Aghoghovwia et al., 2019). Ezzel szemben Martínez (et al., 2021) 18%-os bekeverési aránynál, már csökkenésről számol be a befejező testtömeget tekintve, hasonlóan Sanni – Fakunle (2009) akik a 20%-os bekeverési aránynál már csökkenésről számoltak be *Heterobranchus longifilis* esetén.

A békalencsét tartalmazó takarmányok alkalmazása az állomány homogenitását is javította, amit a kisebb variációs együttható (CV%) értékek jeleznek. Ez arra enged következtetni, hogy a békalencselisztet tartalmazó takarmányok egyenletesebb tápanyagellátást biztosítottak az állomány számára, elősegítve a kiegyenlítettebb fejlődést. A heterogenitás csökkentése előnyös az afrikai harcsa nevelése során, mivel így csökkenthető az egyedek közötti agresszió és stressz (Martins et al., 2006; Afia et al., 2024). A kontrollcsoport alacsonyabb napi növekedési üteme (SGR) szintén megerősíti, hogy a békalencse pozitív hatást gyakorolt a növekedési dinamikára.

A békalencse tartalmú takarmányok alkalmazásával jobb takarmányhasznosulást értünk el a kontrollcsoporthoz képest. Korábban több vizsgálatban is kimu-

tatták, hogy a halliszt békalencsével történő részleges helyettesítése nem rontotta, illetve akár javította is a takarmányhasznosulást (Aghoghovwia et al., 2019). A biomassa és a megmaradás tekintetében nem volt kimutatható szignifikáns különbség a kezelések között, ami azt jelzi, hogy a békalencse bekeverése nem rontotta a halak általános egészségi állapotát.

A belső szervek és a tisztított test tömegének vizsgálata

Bár az eredmények nem mutattak statisztikailag igazolható eltérést, a békalencse takarmánykiegészítőként való alkalmazásának hatására egyértelmű növekedési tendencia figyelhető meg a belső szervek tömegére vonatkozóan. A békalencse arányának emelkedésével az epe, a bélrendszer, a hasúri zsír, valamint a tisztított test tömege tendenciájában növekedett, de statisztikai különbséget nem mutattunk ki, továbbá a máj esetében is megfigyeltünk emelkedést a 15%-os és a 30%-os koncentrációk mellett. Ezek az eredmények azt mutatják, hogy a békalencseliszt kedvező hatással lehet a tápanyag-felvételre és az emésztőrendszer fejlődésére. A bélhossz növekedése az emésztőkapacitás adaptív alkalmazkodását jelezheti az alternatív fehérjeforráshoz, ami arra utal, hogy a halak képesek alkalmazkodni a nem állati eredetű fehérjeforráshoz, azonos növekedési ütem fenntartásával (Olsson et al., 2007; Ke et al., 2008; Miebach et al., 2023).

A bőr és a filé színének vizsgálata

A bőr világosságát a kezelések nem befolyásolták szignifikánsan, ugyanakkor a kromatikus színösszetevők már változásokat mutattak. A vörös színkomponens jelentős csökkenést mutatott, míg a sárga árnyalat erőteljes növekedése volt megfigyelhető – különösen – a magasabb bekeverési arányoknál.

A filé színparaméterei közül a világosság (L^*) értékei nem változtak számottevően, míg a vörös színkomponens (a^*) enyhe csökkenést, a sárga színkomponens (b^*) pedig jelentős növekedést mutatott a kezelések hatására. A bekeverés tehát elsősorban a kromatikus komponenseket módosította, különösen a sárga árnyalat erősödése irányában.

Az afrikai harcsa filé pigmentáltságának elfogadottságával és a pigmentáltság minimalizálásának lehetőségeivel kapcsolatos szakirodalmi ismereteink egyelőre hiányosak, ugyanakkor más halfajok esetében a téma nagy jelentőséggel bír. A filé pigmentáltsága a lazacfélék, és a tonhalak esetében is fontos minőségi tulajdonság (Roncarati et al., 2011; Yu et al., 2025), egyes fajoknál azonban, mint például a csatornaharcsa (*Ictalurus punctatus*) esetében a sárga elszíneződés nem kívánatos tulajdonság (Li et al., 2007), míg számos halfajnál nincs jelentősége.

A békalencseliszt, mint takarmány-alapanyag ígéretes alternatívát jelenthet a hagyományos halliszt részleges kiváltására, ahogy azt ponttyal (*Cyprinus carpio*) folytatott kísérletek már igazolták (Yilmaz et al., 2004). A 7,5–15–30%-os bekeverési arányok növelték a növekedési teljesítményt, a testtömeget, és kedvezően befolyásolták a takarmányhasznosulást, a megmaradásra pedig nem voltak hatással. Ezen eredményeket figyelembe véve érdemes lehet a békalencse bekeverési arányát tovább növelni, amivel az afrikai harcsa takarmá-

nyozása és termelése még fenntarthatóbbá tehető.

Etikai engedély

Az állatok kísérleti felhasználását a Debreceni Egyetem Munkahelyi Állatjóléti Bizottsága engedélyezte. A kutatás a Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar Halbiológiai Laboratóriumának etikai engedélye alapján történt (engedélyszám: 7/2025/DEMAB).

Irodalomjegyzék

1. Adebayo, I. A., Obe, B. W. (2017). Utilization of corn gluten meal in the diets of *Clarias gariepinus* juveniles. *International Journal of Fisheries and Aquatic Research*, 2(4), 19-22. <https://doi.org/10.3153/jfscom.2012008>
2. Aderolu, A. Z., Akpabio, V. M. (2009). Growth and economic performance of *Clarias gariepinus* juveniles fed diets containing velvet bean, *Mucuna pruriens*, seed meal. *African Journal of Aquatic Science*, 34(2), 131-135. <https://doi.org/10.2989/ajas.2009.34.2.3.890>
3. Adesina, S. A., Agbatan, O. D. (2021). Growth response and feed utilization in *Clarias gariepinus* fingerlings fed diets supplemented with processed flamboyant (*Delonix regia*) leaf meal. *Agro-Science*, 20(1), 38-45. <https://doi.org/10.4314/as.v20i1.7>
4. Afia, O. E., Musa, B., Udoh, E. (2024). Effect of size heterogeneity on the growth and production economics of African Catfish. *Agriculture, Food and Natural Resources Journal*, 3(1), 79-87. <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.13894296>
5. Aghoghovwia, O. A., Obah, S. T., Ohimain, E. I. (2019). Utilization of Nuisance Aquatic Plant (Duckweed) in Partial Replacement of Soybean Meal in Feeding *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) Fingerlings. *Nigerian Annals of Pure and Applied Sciences*, 1, 113-117. <https://www.doi.org/10.46912/napas.34>
6. Agupugo, C. S., Nsofor, C. I., Ezewudo, B. I., Edeh, I. C. (2022). Growth performance and cost-effectiveness of replacement of fishmeal with plant-based protein source, *Leucaena leucocephala* in the diet of *Clarias gariepinus* fingerlings. *Asian Journal of Agriculture*, 6(1). <https://www.doi.org/10.13057/asianjagric/g060104>
7. AKI (2024). Lehalászás Jelentés 2024. év XXX évf. 1. sz. 30 p.
8. Al-Asghar, N. A., Younis, E. S. M., Abdel-Warith, A. W. A., Shamlol, F. S. (2016). Evaluation of red seaweed *Gracilaria arcuata* as dietary ingredient in African catfish, *Clarias gariepinus*. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 23(2), 205-210. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2015.11.006>
9. Alam, L., Mokhtar, M. B., Sumaila, U. R. (2025). 5. Climate change impacts on the fisheries and aquaculture sectors with a focus on Malaysia. *Navigating Our Way to Solutions in Marine Conservation* (pp. 75–92)
10. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (n.d.). Visualization – color models (CIELAB). Letöltés dátuma: February 4, 2026, from <https://www.epab.bme.hu/oktatas/Jegyzetek/visualization>
11. Ekelemu, J. K. (2010). Differential growth patterns of *Clarias gariepinus*, *Heterobranchius bidorsalis* and Hybrid *Heteroclaris* fed commercially prepared diets. *Agriculture and Biology Journal of North America*, 1(4), 658-661.
12. Ezekiel, A. O., Fidelis, A. B., Udeh G. N. (2016). Effect of partial replacement of fishmeal with Moringa oleifera leaf meal on the haematology, carcass composition and growth performance of *Clarias gariepinus* (Burchell 1822) fingerlings. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 4(4), 307-311.
13. Idowu, E., Adewumi, A., Oso, J., Edward, J., Obaronbi, G. (2017). Effects of varying levels of Moringa oleifera on growth performance and nutrient utilization of *Clarias gariepinus* post-fingerlings. *American Academic Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences*, 32(1), 79-95.
14. Iqbal, S. (1999). Duckweed aquaculture: potentials, possibilities and limitations for combined wastewater treatment and animal feed production in developing countries. Eawag-Sandec, Dübendorf, Switzerland.
15. Kánainé Sipos, D. I., Bakos, K., Osz, Á., Hegyi, Á., Müller, T., Urbányi, B., Kovács, B. (2019). Development and characterization of 49 novel microsatellite markers in the African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). *Molecular Biology Reports*, 46, 6599-6608. <https://doi.org/10.1007/s11033-019-05062-5>
16. Ke, Z., Ping, X., Guo, L. (2008). Phenotypic plasticity in gut length in the planktivorous filter-feeding silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*). *The Scientific World Journal*, 8(1), 169-175. <https://doi.org/10.1100/tsw.2008.37>
17. Körner, S., Vermaat, J. E., Veenstra, S. (2003). The capacity of duckweed to treat wastewater: ecological considerations for a sound design. *Journal of environmental quality*, 32(5), 1583-1590.
18. Kumar, G., Engle, C. R. (2016). Technological advances that led to growth of shrimp, salmon, and tilapia farming. *Reviews in Fisheries Science and Aquaculture*, 24(2), 136-152. <https://doi.org/10.1080/23308249.2015.1112357>

- 19.Li, M. H., Robinson, E. H., Oberle, D. F., Zimba, P. V. (2007). Effects of various dietary carotenoid pigments on fillet appearance and pigment absorption in channel catfish, *Ictalurus punctatus*. Journal of the World Aquaculture Society, 38(4), 557-563. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2007.00130.x>
- 20.Lisachov, A., Nguyen, D.H., Panthum, T., Ahmad, S.F., Singchat, W., Ponjarat, J., Jaisamut, K., Srisapome, P., Duengkhae, P., Hatachote, S., Sripairoj, K., Muangmai, N., Unajak, S., Han, K., Na-Nakorn, U., Srikulnath, K. (2023). Emerging importance of bighead catfish (*Clarias macrocephalus*) and north African catfish (*C. gariepinus*) as a bioresource and their genomic perspective. Aquaculture, 573, 739585.
- 21.MA-HAL (2023) 2023. évi jelentés 18-19 <https://ma-hal.hu>
- 22.Martínez, Y. M., Navarrete, Y. G. T., Tamames, Y. P., Viltres, M. R., Jacinto, E. C. (2021). Effect of duckweed meal dietary inclusion on growth performance and survival of African catfish fingerlings. Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia, 38, 84-104. [https://doi.org/10.47280/RevFacAgron\(LUZ\).v38.n1.05](https://doi.org/10.47280/RevFacAgron(LUZ).v38.n1.05)
- 23.Martins, C. I., Schrama, J. W., Verreth, J. A. (2006). The effect of group composition on the welfare of African catfish (*Clarias gariepinus*). Applied Animal Behaviour Science, 97(2-4), 323-334. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2005.07.003>
- 24.Miebach, A. C., Bauer, J., Adamek, M., Dietz, C., Gährken, J., Rosenau, S., Wessels, S., Tetens, J., Sünder, A., Jung-Schorers, V., Steinhagen, D. (2023). Influence of genetic adaption of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed with alternative protein sources based on *Arthrospira platensis* and *Hermetia illucens* on intestinal health and animal welfare. Aquaculture Reports, 32, 101697. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2023.101697>
- 25.Mihály-Karnai, L., Fehér, M., Bársony, P., Szűcs, I., Mihály, T., Fróna, D., Szóllósi, L. (2025). Sustainability in Intensive Aquaculture—Profitability of Common Carp (*Cyprinus carpio*) Production in Recirculating Aquaculture Systems Based on a Hungarian Case Study. Animals, 15(7), 1055. <https://doi.org/10.3390/ani15071055>
- 26.Noor, J., Hossain, M. A., Bari, M. M., Azimuddin, K. M. (2000). Effects of duckweed (*Lemna minor*) as dietary fishmeal substitute for silver barb (*Barbodes gonionotus* Bleeker). Bangladesh Journal of Fisheries Research, 4(1), 35-42.
- 27.Olsson, J., Quevedo, M., Colson, C., Svanbäck, R. (2007). Gut length plasticity in perch: into the bowels of resource polymorphisms. Biological Journal of the Linnean Society, 90(3), 517-523. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2007.00742.x>
- 28.Orire, A. M., Sadiku, S., Gana, S. N. (2015). Evaluation of growth performance and body composition of *Clarias gariepinus* fingerling fed graded level of Bambara nut meal (*Vigna subarreatana*). Journal of Agriculture and Food Technology, 5(3), 7-13.
- 29.Ózsvári, L., Máté, M. (2021). Az akvakultúra-ágazat globális, európai és magyarországi fejlődése. Gazdálkodás, 65(4), 289-309.
- 30.Patra, A. K. (2015). Evaluation of the duckweed (*Lemna minor*) meal as partial replacement for fish meal on the growth performance of *Labeo rohita* (Ham.) fry. European Journal of Experimental Biology, 5(10), 18-23.
- 31.Pintér, K. (1980). Exotic Fishes in Hungarian Waters: their Importance in Fishery Utilization of Natural Water Bodies and Fish Farming. Aquaculture Research, 11, 163-167. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.1980.tb00401.x>
- 32.Raji, A. A., Alaba, P. A., Yusuf, H., Bakar, N. H. A., Taufek, N. M., Muin, H., Alias, Z., Milow, P., Razak, S. A. (2018). Fishmeal replacement with *Spirulina platensis* and *Chlorella vulgaris* in African catfish (*Clarias gariepinus*) diet: Effect on antioxidant enzyme activities and haematological parameters. Research in Veterinary Science, 119, 67-75. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2018.05.013>
- 33.Raji, A. A., Junaid, O. Q., Milow, P., Taufek, N. M., Fada, A. M., Kolawole, A. A., Alias, Z., Razak, S. A. (2019). Partial replacement of fishmeal with *Spirulina platensis* and *Chlorella vulgaris* and its effect on growth and body composition of African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). Indian Journal of Fisheries, 66(4), 100-111. <https://doi.org/10.21077/ijf.2019.66.4.87193-13>
- 34.Redá, R. M., Nasr, M. A., Ismail, T. A., Moustafa, A. (2021). Immunological responses and the antioxidant status in African catfish (*Clarias gariepinus*) following replacement of dietary fish meal with plant protein. Animals, 11(5), 1223. <https://doi.org/10.3390/ani11051223>
- 35.Roncarati, A., Sirri, F., Felici, A., Stocchi, L., Melotti, P., Meluzzi, A. (2011). Effects of dietary supplementation with krill meal on pigmentation and quality of flesh of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Italian Journal of Animal Science, 10(2), e27. <https://doi.org/10.4081/ijas.2011.e27>
- 36.Saba, A. O., Fakoya, K. A., Elegbede, I. O., Amoo, Z. O., Moruf, R. O., Ibrahim, M. A., Akere, H.T., Dadile, A. M., Adewolu, M. A., Ojewole, A. E., Azmai Amal, M. N. (2023). Replacement of Fishmeal in the Diet of African Catfish (*Clarias gariepinus*): A System-

atic Review and Meta-Analysis. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, 46(1), 156-173.

37.Safari, R., Hoseinifar, S. H., Shabani, A., Ghafarijarsani, H., Raissy, M., Khaleghi, S. R., Van Doan, H., Yazici, M., Rahbar, M., Nouri, M. (2025). Dietary Administration of Green Macroalgae (*Ulva intestinalis*) on Growth Performance, Serum Immune Parameters, and Gene Expression in Common Carp (*Cyprinus carpio*). *Annals of Animal Science*, 25(1), 317-327. <http://doi.org/10.2478/aoas-2024-0070>

38.Sanni, A., Fakunle J.O. (2009). Effect of partial replacement of fishmeal with duckweed (*Lemna pauciscostata*) meal on the growth performance of *Heterobranchius longifilis* fingerlings. *Report Opin*, 1 (3), 76-81.

39.Sheikhlar, A., Goh, Y. M., Ebrahimi, M., Romano, N., Webster, C. D., Alimon, A. R., Daud, H., Javanmard, A. (2018). Replacement of dietary fishmeal for fenugreek seed meal on the growth, body composition, innate immunological responses and gene expression of hepatic insulin like growth factors in African catfish (*Clarias gariepinus*). *Aquaculture Nutrition*, 24(6), 17181728. <https://doi.org/10.1111/anu.12806>

40.Stadtlander, T., Tschudi, F., Seitz, A., Sigrist, M., Refardt, D., Leiber, F. (2023). Partial replacement of fishmeal with duckweed (*Spirodela polyrhiza*) in feed for two carnivorous fish species, Eurasian perch (*Perca fluviatilis*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Research*, 2023(1), 6680943. <https://doi.org/10.1155/2023/6680943>

41.Toviho, O., Bársony, P. (2020). Insect base-protein: A new opportunity in animal nutrition. *Acta Agraria Debreceniensis*, 1, 129-138. <https://doi.org/10.34101/actaagrar/1/3744>

42.Toviho, O. A., Imane, M., Tünde, P., Péter, B. (2023). Effect of duckweed (*Spirodela polyrhiza*)-Supplemented semolina on the production parameters and nutrient composition of yellow mealworm (*Tenebrio molitor*). *Agriculture*, 13(7), 1386. <https://doi.org/10.3390/agriculture13071386>

43.Udo, I. U., Umoren, U. E. (2011). Nutritional evaluation of some locally available ingredients use for -cost ration formulation for African catfish (*Clarias gariepinus*) in Nigeria. *Asian Journal of Agricultural Research*, 5(3), 164-175. <https://doi.org/10.3923/ajar.2011.164.175>

44.Yalew, A., Getahun, A., Dejen, E. (2019). Effect of replacing fish meal by sweet lupin meal on growth performance of African catfish fingerlings, *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). *Ethiopian Journal of Science and Technology*, 12(1), 1-17. <https://doi.org/10.4314/ejst.v12i1.1>

45.Yilmaz, E., Akyurt, İ., Günal, G. (2004). Use of duckweed, *Lemna minor*, as a protein feedstuff in practical diets for common carp, *Cyprinus carpio*, fry. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 4 (2), 105-109.

46.Yu, H., Zhao, Z., Wu, J., You, L., Huang, C., Guo, Z., Xiao, J., Lu, Z. (2025). Changes in quality characteristics of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) during cold storage and their correlation with lipid deterioration. *Food Chemistry: X*, 103241. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2025.103241>