MAGYAR AGRÁR- ÉS ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

A DDGS ALKALMAZHATÓSÁGÁNAK VIZSGÁLATA A HAZAI AKVAKULTÚRÁBAN

Doktori értekezés

RÉVÉSZ NORBERT

Gödöllő

2021

A doktori iskola

megnevezése: Állatbiotechnológiai és Állattudományi Doktori Iskola

tudományága: Mezőgazdaság-tudomány

alprogram: Halbiológia és halgazdálkodás

vezetője: Dr. Mézes Miklós

egyetemi tanár, az MTA doktora

MATE, Élettani és Takarmányozástani Intézet, Takarmánybiztonsági Tanszék

Témavezető: Dr. Hegyi Árpád

tudományos főmunkatárs

MATE, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet, Halgazdálkodási Tanszék

Társ-témavezető: Dr. Jakabné Dr. Sándor Zsuzsanna

tudományos főmunkatárs

MATE, Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet, Halászati Kutatóközpont

.....

Az iskolavezető jóváhagyása

.....

Témavezető jóváhagyása

.....

Társ-témavezető jóváhagyása

TARTALOMJEGYZÉK

1. JELÖLÉSEK ÉS RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE ... 5
2. BEVEZETÉS ... 6
Célkitűzések ... 7
3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS ... 8
3.1 A halak tápanyagigénye ... 8
3.1.1 A halak fehérje- és aminosav igénye ... 8
3.1.2 A halak energiaigénye ... 11
3.1.3 Vitaminok és vitaminszerű anyagok ... 15
3.1.4 Ásványi anyagok ... 23
3.1.5 Egyéb takarmány adalékanyagok ... 32
3.2 Alternatív haltakarmány alapanyagok/fehérjeforrások ... 33
3.2.1 Szántóföldi növények és melléktermékeik ... 33
3.2.2 Állati eredetű összetevők és melléktermékek ... 37
3.2.3 Rovarfehérjék ... 38
3.2.4 Makro- és mikroalgák ... 40
3.2.5 Egy-sejt fehérjék (single cell proteins - SCP) ... 41
3.3 A haltakarmányozás kihívásai ... 42
3.3.1 A halliszt ... 43
3.3.2 Az alternatív takarmány alapanyagok emészthetőségének vizsgálata ... 44
3.3.3 Élelmiszerbiztonsági kockázatok ... 47
3.4 A DDGS, mint alternatíva ... 51
3.4.1 A DDGS-sel végzett haltakarmányozási kísérletek tapasztalatai ... 54
3.5 A magyarországi haltermelés struktúrája ... 55
4. ANYAG ÉS MÓDSZER ... 60
4.1 Emészthetőség vizsgálatok ... 60
4.1.1 Emészthetőség vizsgálat ponty esetében ... 60
4.1.2 Emészthetőség vizsgálat európai harcsa esetében ... 63
4.2 Zárt, kontrollált rendszerben végezett takarmányozási kísérletek ... 66
4.2.1 Takarmányozási kísérlet ponty esetében ... 66
4.2.2 Takarmányozási kísérlet európai harcsa esetében ... 69
4.3 Félüzemi, tavi etetési kísérlet ponttyal ... 72
4.4 Az alkalmazott számítási módszerek ... 76
5. EREDMÉNYEK ... 77
5.1 Emészthetőség vizsgálatok ... 77

5.1.1 Emészthetőség vizsgálat ponty esetében 77
5.1.2. Emészthetőség vizsgálat európai harcsa esetében 78
5.2. Zárt, kontrollált rendszerben végzett takarmányozási kísérletek 79
5.2.1 Takarmányozási kísérlet ponty esetében 79
5.2.2. Takarmányozási kísérlet európai harcsa esetében 83
5.3 Félüzemi, tavi etetési kísérlet ponttyal 88
6. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK 92
6.1 Emészthetőség vizsgálatok 92
6.1.1 Emészthetőség vizsgálat ponty esetében 92
6.1.2 Emészthetőség vizsgálat európai harcsa esetében 94
6.2 Zárt, kontrollált rendszerben végzett takarmányozási kísérletek 96
6.2.1 Takarmányozási kísérlet ponty esetében 96
6.2.2 Takarmányozási kísérlet európai harcsa esetében 98
6.3 Félüzemi, tavi etetési kísérlet ponttyal 101
7. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK 106
8. ÖSSZEFOGLALÁS 107
9. SUMMARY 109
10. MELLÉKLETEK 111
10.1 Irodalomjegyzék 111
10.2 Alternatív alapanyagok beltartalmi értékei 146
10.3 A vérplazma biokémiai paraméterek a kezelések hatására (takarmányozási kísérlet ponty esetében) 150
10.4 A vérplazma biokémiai paraméterek a kezelések hatására (takarmányozási kísérlet európai harcsa esetében) 151
10.5 A vérplazma biokémiai paraméterek a kezelések hatására (tavi etetési kísérlet ponty esetében) 152
10.6 A tavi kísérlet gazdasági mutatóinak számolása 153
10.7 Planktonellátottság a tavi kísérlet során 154
10.8 Vízminőségi mutatók a tavi kísérlet során 154

1. JELÖLÉSEK ÉS RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE

ADC	látszólagos emészthetőséi együttható
ALB	albumin
ALT	alanin-aminotranszferáz
AMY	amiláz
AP	alkalin-foszfatáz
ARA	arachidonsav
AST	aszpartát-aminotranszferáz
CF	kondíciófaktor
CGF	kukoricaglutén takarmány
CGM	kukoricaglutén liszt
CREA	Kreatinin
CSM	gyapotmagliszt
DDGS	kukoricatörköly
DGI	napi növekedési index
DHA	dokozahexaénsav
DON	deoxivalenol
EPA	eikozapentaénsav
FA	zsírsav
FBW	záró testtömeg
FCR	takarmányhasznosulás
FM	halliszt
FO	halolaj
FUM	fumonizin
GE	bruttó energia
GGT	gamma-glutamiltranszferáz
GLOB	globulin
GLU	glükóz
GSI	gonád index
HSI	máj index (hepatosomatic index)
IBW	induló testtömeg
ISI	bél index
MUFA	egyszeresen telítetlen zsírsavak
OTA	ochratoxin
PER	fehérjehasznosulási ráta
PHOS	foszfát
PM	földimogyoróliszt
PPV	fehérje produktivitási érték
PUFA	többszörösen telítetlen zsírsavak
SCP	egy-sejt fehérje
SEM	a középérték standard hibája
SFA	telített zsírsavak
SFM	napraforgóliszt
SGR	specifikus növekedési ráta
SR	túlélési ráta
STD	standard eltérés
TBIL	össz-bilirubin
TC	össz-koleszterol
TCH	össz-szénhidrát
TG	triglicerid
TP	össz-fehérje
VFI	hasűri zsír index
VSI	belsőség index
WG	tömeggyarapodás
ZEA	zearalenon

2. BEVEZETÉS

A növekvő népesség számára megfelelő mennyiségű állatieredetű fehérje biztosításához és a haltenyésztés költségeinek egyidejű csökkentéséhez tudományos kutatómunkára és innovatív megoldásokra van szükség. Ezeknek a feladata, hogy világszerte segítse és vezesse az iparnak azon átalakulását, hogy állatifehérjét nagy mennyiségben, megfelelő minőségben és fenntartható módon elő lehessen állítani. Mivel az állat- és haltenyésztés a világ üvegházhatású gázkibocsátásához 14,5%-kal járul hozzá, ezért rendkívül fontos mielőbb tenni ellene – főleg, ha figyelembe vesszük azt, hogy 2026-ra a világon 40 millió tonnával nagyobb lesz a hús-, és 25 millió tonnával pedig a haligény. Nagyon fontos továbbá az állattenyésztésből eredő nitrogén- és foszforkibocsátás problémakörét kezelni, mivel ezek meghatározó jelentőségűek a földek és vizek eutrofizációja, és a biodiverzitás csökkenésének vonatkozásában.

Jelenleg a világ halászterületeinek 76%-a kimerült vagy túlhalászott, ezért az akvakultúrának a jelenben és a jövőben is kritikus szerepe lesz. Az akvakultúra termeléshez szükséges összetett takarmányok gyártása azonban nagymértékben függ a véges tengeri erőforrásoktól, főleg a megfizethető, fenntartható fehérjeforrások és a hallisztben és a halolajban található omega-3 - EPA (eikozapentaénsav) és DHA (dokozahexaénsav) - zsírsavak szempontjából.

Ma a világ gabonatermésének 50%-át, a szójának pedig 70%-át használják fel állati takarmányként. Ezeket véges kiterjedésű földeken termesztik, és ahogy növekszik az állatifehérjék iránti kereslet, úgy egyre sürgetőbb a földeket állati takarmány termesztésére átállítani – amely a biodiverzitás csökkenésének egyik fő okozója. Gyakorlatilag kisebb földterületből kell nagyobb mennyiségű takarmányt előállítani úgy, hogy a földhasználat módjának megváltozása minél kisebb mértékű legyen. Ezt például úgy lehet elérni, hogy növeljük a takarmányok nyersanyagainak és a melléktermékeknek az emészthetőségét, illetve hasznosítását.

A körforgásos gazdálkodásban fontos szerep jut az egyes mezőgazdasági és élelmiszeripari hulladékok hasznosítására és ezek alkalmazására haltakarmányozásban. A téma kiemelt helyen található a nemzetközi kutatásokban. Az új fehérjeforrások alkalmazásának kitétele azok emészthetőségének ismerete, mely fajonként, táplálkozási habitustól függően változik. A magas energia-, közepes fehérje- és jól emészthető

foszfortartalma miatt a kukoricatörköly (Dried Distiller's Grain with Solubles - DDGS) egy rendkívül ígéretes alternatív takarmányalapanyag, amely alkalmas teljesen vagy részlegesen kiváltani a jóval drágább, tradicionális energiahordozókat (kukorica), fehérjeforrásokat (halliszt, szója) és foszforforrásokat (monokálcium-foszfát - MCP, dikálcium-foszfát - DCP). A DDGS megfelelő arányú bekeverése a jól megtervezett takarmányokba kiváló egészségi állapotot, jó növekedési teljesítményt és termékminőséget eredményezett a korábban tesztelt állat- és halfajok esetében. A nagy volumenben termelt kukorica és a Magyarországon működő bioetanol gyártó üzem biztosítja a DDGS melléktermék hazai folytonos elérhetőségét. Ezen ismeretek birtokában célul tűztem ki a DDGS alkalmazhatóságának vizsgálatát a legfontosabb édesvízi halfajaink takarmányozásához, mely egy kézzelfogható megoldást jelenthet a fenntartható és környezettudatos állattenyésztéshez.

Célkitűzések

- A DDGS látszólagos emészthetőségi együtthatójának megállapítása indikátor módszer segítségével hazai akvakultúrában kiemelkedő fontosságú ponty (*Cyprinus carpio* L.*)*, valamint európai harcsa (*Silurus glanis* L.*)* esetében.
- Az emészthetőség függvényében optimális DDGS tartalmú összetett takarmány kidolgozása és tesztelése komplex takarmányozási kísérletekben. Elsősorban a növekedésre, takarmányhasznosításra, tápanyagfelvételre, anyagcserére és egészségre gyakorolt hatások vizsgálata.
- Félüzemi jellegű pilot kísérlet keretében vizsgálni a félintenzív technológiával nevelt pontyállomány termelési paramétereit, húsminőségét és a termelés költséghatékonyságát optimális DDGS tartalmú takarmány etetése mellett.

3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

3.1 A halak tápanyagigénye

3.1.1 A halak fehérje- és aminosav igénye

A halakban található fehérjék, más élőlényekhez hasonlóan 20 különböző aminosav kombinációjából, polipeptid lánc formájában épülnek fel. Ezáltal a természetben az egyik legváltozatosabb biológiai makromolekulák csoportja a fehérjék (Ádám, 2001). A halak táplálék útján jutnak a fehérjéhez, melyeket emésztés vagy hidrolizálás után szabad aminosavakká bontanak, amit ezután különbözőképpen használnak fel új fehérjék építéséhez (növekedés) vagy meglévők lecseréléséhez (fenntartás) (Kaushik & Seiliez, 2010). Elégtelen fehérje bevitel esetén a halak mindig a létfenntartó folyamatokat részesítik előnyben, ezáltal a növekedésre már nem jut kellő aminosav. Túlzott mértékű fehérjeellátottság esetén pedig a felesleget a halak szervezete nem extra növekedésre fordítja, hanem energiává alakítja át, amely gazdaságtalan (Rónyai & Ruttkay, 1990), illetve a környezetbe kijuttatva terheli az elfolyóvizeket (Beliczky et al., 2013).

A halak esetében nem kimondottan fehérje igényről beszélünk, hanem inkább az esszenciális és nélkülözhető aminosavak megfelelő eloszlásáról és mennyiségéről (Halver & Hardy, 2002). Számos kutató, megannyi halfajjal végzett munkát a fehérjeigény meghatározására, azonban azok a megfelelő összehasonlításhoz nehezen használhatóak, hiszen különböző alapanyagokat használtak, amelyek különböző aminosav összetétellel rendelkeznek. Mindemellett fontos tényező a takarmányok energiatartalmának és az alapanyagoknak az emészthetősége is (Tschirner & Kloas, 2017). Emiatt közös megállapodás alapján meghatározták a legfontosabb halfajok különböző korosztályaihoz tartozó mennyiségi fehérjeigényt, illetve az esszenciális aminosavak mennyiségi eloszlását. Általános megállapítás az, hogy a halak fehérjeigénye csökken a halak korának és méretének növekedésével. Például a ponty esetében lárvakorban 43-47%, növendékek esetén 37-42%, többnyaras korosztály esetén pedig 28-32% (NRC, 2011) a fehérjeigény. Egyes fajok esetében a fehérjeigény változhat a vízhőmérséklettel is (Teles et al., 2020). A halak nem képesek minden aminosavat szintetizálni, különösképpen igaz, hogy az esszenciális aminosavakat a táplálékkal, takarmánnyal szükséges a megfelelő mértékben

biztosítani. Összetett takarmányok formulálásánál úgy kell kalkulálni, hogy az extrudációs eljárás során veszteségek léphetnek fel (Csapó et al., 2008).

Esszenciális aminosavak

Az **arginin** számos biokémiai reakció résztvevője, úgymint fehérjeszintézis, karbamid szintézis, glutaminsav- és prolin anyagcsere, kreatin- és poliamin szintézis (Kaushik et al., 1988), emellett számos jótékony hatása is van, például növekedési hormon (GH) és inzulin-féle növekedési hormon-1 (IGF-1) stimuláció, hatékony stressz és kortizol válaszreakciók, gyulladásos és veleszületett immunválasz reakciók serkentése (Hoseini et al., 2020). Arginin hiány esetén csökken a növekedés és a fehérje depozíció (Zhou et al., 2012). Az arginin igény 3-8,1 % között változik az egyes halfajok között (ponty: 4,3%), fehérjére vonatkoztatva (Halver & Hardy, 2002).

A **hisztidin** nélkülözhetetlen a hemoglobin szintézishez, valamint fontos a megfelelő növekedéshez, szövetképződéshez, az ozmoreguláció fenntartásához, illetve szerepet játszik az idegsejtek védelmében is (Khan, 2018). A hisztidin imidazol származékai jellegzetes ízt kölcsönöznek a hal húsának, mely által javul annak minősége, érzékszervi megítélése (Ogata, 2002). Hisztidin hiány esetén csökken a növekedési teljesítmény, szürke hályog alakul ki, allergiás reakciók léphetnek fel (Zhao et al., 2012). Az egyes halfajok hisztidin szükséglete 1,5-2,5% között változik (ponty: 2,1%), fehérjére vonatkoztatva (Halver & Hardy, 2002).

Az **izoleucin** részt vesz a fehérjeszintézisben, szövetépítésben energia előállításban, segíti a növekedést, fenntartja a nitrogén egyensúlyt, szerepe van az immunválasz reakciókban, valamint az emésztésben (Sharf & Khan, 2020). Az izoleucin hiánya vagy túlzott mértékű adagolása a növekedés csökkenését eredményezik, valamint romlik a takarmány-hasznosulás, illetve a húsminőség (Ahmed & Khan, 2006; Gan et al., 2014). Az izoleucin igény 2,2-3 % között változik az egyes halfajok között (ponty: 2,5%), fehérjére vonatkoztatva (Halver & Hardy, 2002).

A **leucin** szerepe igen fontos a fehérjeszintézisben, és -bontásban, valamint az éhség érzetért felelős leptin kiválasztásában, illetve az energia metabolizmusban (Li et al., 2011b). Mindemellett szerepet játszik a vér glükóz, növekedési hormon és haemoglobin szintjének szabályozásában (Gan et al., 2016). Leucin hiány esetén számos biokémiai reakció működése hiúsul meg (Abidi & Khan, 2007). Az egyes halfajok leucin szükséglete 2,3-9,2% között változik (ponty: 3,3%), fehérjére vonatkoztatva (NRC, 2011).

Az esszenciális aminosavak között a **lizin** a növényi eredetű haltakarmány alapanyagok tekintetében az egyik limitáló tényező, annak elégtelen jelenléte miatt (Cheng et al., 2003). A szövetek fehérjéinek alkotójaként az egyetlen, de kiemelkedően fontos (sokszor limitáló) metabolikus szerepe a növekedésben rejlik. Ebből kifolyólag, az egyes halfajok lizin szükségletének ismerete és alkalmazása a gazdaságos haltakarmányok előállításához elengedhetetlen (Bureau & Encarnação, 2006). A lizin igény 3,8-6,2 % között változik az egyes halfajok között (ponty: 5,7%), fehérjére vonatkoztatva (Halver & Hardy, 2002). Több halfajon végzett növekedési kísérlet következtében megállapították, hogy a lizin és az arginin között antagonista viszony áll fenn (Berge et al., 1998). Kiegészítésképpen lizin-hidroklorid, illetve lizin-szulfát formájában adagolják leggyakrabban az összetett takarmányok előkeverékébe.

A lizin mellett a **metionin** a haltakarmányok leggyakrabban limitáló tulajdonságú tápanyaga. Számos meghatározó növényi takarmány alkotó tartalmazza a halak számára elégtelen mennyiségben (Mai et al., 2006). A metionin a fehérjeszintézis nélkülözhetetlen vegyülete, ugyanakkor metil-donorként számos vegyület prekurzora (L-karnitin, cisztein, taurin stb.), mely által az antioxidáns rendszer működéséhez is hozzájárul (Espe et al., 2011; Coutinho et al., 2017). A metionin-szulfoxid reduktáz enzim által oxidált metionin szabadgyökfogó szerepet játszik, mely által a sejtek oxidatív stressz elleni védelmi feladata is van (Feng et al., 2011). A metioninhiány a máj elzsírosodása révén májbetegséget, illetve általános anyagcserezavarokat okoz (Schwarz et al., 1998). Az egyes halfajok metionin szükséglete 1,9-4,0 % között változik (ponty: 3,1%), fehérjére vonatkoztatva (NRC, 2011). Kísérletek bizonyítják, hogy a mesterséges DL-metionin kiegészítést jól képesek hasznosítani a pontyok (Nwanna et al., 2012). Mivel a **cisztein** a metioninból keletkezik, így a halak igényénél azok összegét szokás megadni (Zhou et al., 2006).

A **fenilalanin** egy nélkülözhetetlen, aromás aminosav, mely szerepet játszik a növekedésben és az anyagcsere folyamatokban, a **tirozin** prekurzora (Zehra & Khan, 2014). A tirozin pedig számos fontos hormon és neurotranszmitter előanyaga (Li et al., 2009). A fenilalanin és a tirozin hatással van a halak pigmentációjára, étvágyára, növekedési teljesítményére és immunrendszerére is. Ennek az aminosav párnak az igénye az életkor során változik, lárvakorban kiemelt fontosságú (Pinto et al., 2009). Az összes aromás aminosav igény 2,6-6,5 % között változik az egyes halfajok között (ponty: 6,5%), fehérjére vonatkoztatva (Halver & Hardy, 2002).

A **treonin** a lizint és metionint követően a harmadik legfontosabb esszenciális aminosav, ugyanis a haltakarmányok alapanyagai, különösen a növényi eredetűek kis mennyiségben tartalmazzák (Yun et al., 2015). A treoninból állítják elő a halak a mucint, amelynek kiemelkedő hatása van az emésztés során (Li et al., 2009), illetve az immunológiai szerepe is fontos (Sundh & Sundell, 2015). Mindemellett a fehérjeszintézisben betöltött szerepe miatt hatással van a filé kihozatalra is (Michelato et al., 2016). A treonin igény 2,0-5,0 % között változik az egyes halfajok között (ponty: 3,9%), fehérjére vonatkoztatva (Halver & Hardy, 2002).

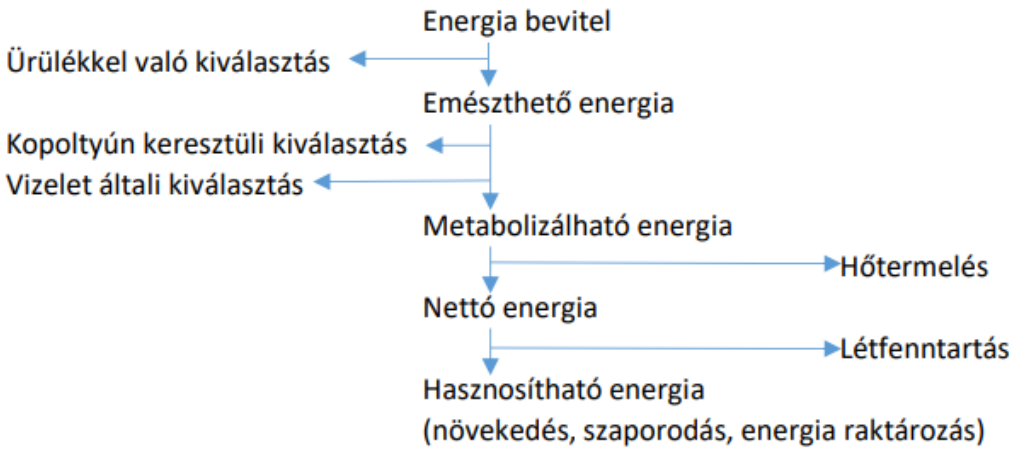
A valódi csontoshalak az aminosavak közül a **triptofánt** tartalmazzák a legkisebb mennyiségben, ezáltal a szükséglet is ebből az aminosavból legkisebb, ugyanakkor nélkülözhetetlen (Hoseini et al., 2019). A fehérjeszintézisben kisebb részben vesz részt, ugyanakkor többek között a szerotonin prekurzora, amely egy neurotranszmitter. A szerotonin hatással van számos fiziológiai folyamatra, illetve a halak viselkedésére is. Több kutatás is kimutatta, hogy a megfelelő triptofán ellátottság mellett a ragadozó halak kevésbé lesznek agresszívak, stresszesek (Diógenes et al., 2019b), illetve csökken a kannibalizmus is (Zaminhan et al., 2018). A triptofán kiegészítés a növekedésre is pozitív hatást gyakorol (Tang et al., 2013). Az egyes halfajok triptofán szükséglete 0,5-1,0 % között változik (ponty: 0,8%), fehérjére vonatkoztatva (Halver & Hardy, 2002).

A **valin** a leucinnal és az izoleucinnal együtt az elágazó láncú aminosavak (BCAA) közé tartozik. Szerkezetéből adódóan a BCAA csoportba tartozó vegyületekhez hasonlóan többek között a szövetépítésben, neurotranszmitterek szintézisében, izomépítésben, a sejtek energiaellátásában, immunológiai reakciókban, valamint nem-esszenciális aminosavak, a glutamin és alanin szintézisében vesz részt (Rodrigues et al., 2018). A valin igény 2,5-4,0 % között változik az egyes halfajok között (ponty: 3,6%), fehérjére vonatkoztatva (Halver & Hardy, 2002).

3.1.2 A halak energiaigénye

Az egyéb gazdasági állatfajokhoz képest a halakról kevesebb információval rendelkezünk, ami az energiaigényüket, illetve az energia/fehérje arányát illeti. A többi állatfajhoz képest azonban egységnyi fehérje felépítéséhez kevesebb energiára van szükségük (Cho et al., 1982). A melegvízi halfajok metabolizálható energiaigénye 38 kJ/g, míg baromfi esetében ez az érték kb. 63 kJ/g, a sertéseknél pedig 84 kJ/g (Babinszky & Halas, 2019). Ennek az alacsonyabb értéknek több magyarázata is van (Teles et al.,

2020). Mivel képesek befolyásolni a fajsúlyukat, ezért lebegnek a vízen, emellett változó testhőmérsékletűek. Az anyagcsere hányaduk is alacsonyabb, mivel a fehérje anyagcsere



1. ábra - A takarmánnyal felvett energia átalakulásának folyamatábrája (Dumas et al., 2010 nyomán)

végtermékeitől ammónia formájában nagyrészt a kopoltyún keresztül tudnak megválni. Az anyagcseréhez szükséges energiát a halak is fehérjéből, zsírokból és szénhidrátokból fedezik. Az 1. ábra a takarmány által felvett energia útját szemlélteti.

A faj, az életkor, az ivar és az aktivitás mellett a vízhőmérséklet és a vízminőség is befolyásolják az emészthető energia (DE) igényt. A szárazföldi állatokkal szemben a tenyésztett halak nagy része főként fehérjéből és zsírokból fedezi ezt az igényét, nem pedig

szénhidrátokból (Allameh et al., 2007). A főként ezekből felépülő takarmányok energiatartalmának jelentős részét képesek megemészteni, ez halliszt esetén 85%, míg a szójaliszt és egyéb olajos magvak esetén 70% körül van.

A magasabb hőkezeléssel készülő takarmányok (extrudálás) esetén javul a szénhidrátok emészthetősége, mert ez segíti a szénhidrátok feltáródását (Kannadhason et al., 2011; Rónyai et al., 2002).

A takarmány optimális energiatartalma azért fontos, hogy a hal a fehérjét növekedésre tudja használni, és ne ebből elégítse ki energiaigényét is (Yamamoto et al., 2005). A túl sok energia pedig a test zsírtartalmának növekedéséhez vezet (Hancz, 2011).

A zsírok élettani szerepe a halak takarmányozásában

A takarmányokban a lipidek összefoglaló neve a nyerszsírok. Minden olyan szerves vegyület ide tartozik, amelyik jól oldódik zsíroldó szerekben.

A glicerintartalmú lipidek közé soroljuk az egyszerű glicerideket, azon belül pedig a zsírokat. A takarmányokban, illetve az állati szervezetekben is ezek vannak legnagyobb arányban a nyerszsír kategórián belül. A természetben a zsírsavak többnyire páros szénatomszámúak, azonban az állati szervezetekben páratlan szénatomszámú, illetve elágazó láncú zsírsavak is előfordulnak.

A zsírsavak lehetnek telítettek és telítetlenek. Több kettőskötést is tartalmazhatnak azok a zsírsavak, amelyek 16 szénatomnál hosszabb szénláncúak. A kettőskötések száma és helye meghatározó tulajdonságúak. A számuk a zsírok fizikokémiai, míg a helyük a biológiai tulajdonságok szempontjából érdekesek (Tocher, 2010).

Ha a felszívódást vizsgáljuk, akkor a telítetlen zsírsavak esetében ez könnyebb (Sigurgisladottir et al., 1992). A telített zsírsavak főként az állatok energia-szükségletének kielégítésére szolgálnak, ezen kívül feladatuk még a test felépítése. A telítetlen zsírsavak a közbülső anyagcserében is látnak el feladatokat. A több kettőskötést tartalmazó telítetlen zsírsavakat (PUFA - polyunsaturated fatty acids) két csoportba soroljuk az alapján, hogy hol található az első kettőskötés a terminális metilcsoporttól számítva. Az n-6 csoport esetén ez a 6. szénatomon helyezkedik el. Ennek a csoportnak az első tagja a linolsav. Az n-3 csoportban a 3. szénatomon van az első kettőskötés, ennek első tagja a linolénsav. Az állati szervezet sem a linolsavat sem a linolénsavat nem tudja előállítani, így ezeket esszenciális zsírsavaknak nevezzük, ezeket a takarmányokból tudják felvenni (Farkas et al., 1977). Így ezek, illetve a belőlük képződő további többszörösen telítetlen zsírsavak beépülnek a sejtmembránokba. Az esszenciális zsírsavak prekurzorai az eikozanoidoknak (tromboxánok, leukotriének, proszaciklinek, lipoxinok), amelyek nagy szerepet játszanak az anyagcserében. A linolsavból arachidonsav keletkezik, amely a sejtmembránok fontos része. A linolénsavból EPA és DHA keletkezik, amelyek a humán táplálkozás szempontjából kiemelkedő fontosságúak, a halolajban fordulnak elő nagyobb mennyiségben (Farkas et al., 2000).

A takarmányok zsírsavösszetétele befolyásolja az állati eredetű élelmiszerek zsírsavösszetételét is (Csengeri, 1996; Schmidt, 2020). A haltakarmányok elsődleges lipidforrása hagyományosan a tengeri halolaj, ami a halliszt gyártás melléktermé̇ke. Mindazonáltal a korlátozott kínálat miatt új, fenntartható olajforrásokat kell keresni (Izquierdo et al., 2005). A különböző növényevő és mindenevő édesvízi halak esetén

halolajat nem, vagy csak kis bekeverési szinttel alkalmaznak (pl. a pontyfélék, tilápiák és harcsák takarmányánál (Csengeri et al., 2011; 2013), a táplálkozási habitus azonban fontos tényező (Radi et al., 1987). Ezzel szemben általánosságban véve a tengeri halak, illetve a húsevő fajok takarmányában az alkalmazott bekeverési szint jelentősen nagyobb, pl. az angolnánál 3%, az édesvízi pisztrángnál 10%. A halolajat leginkább annak magas többszörösen telítetlen zsírsavtartalma (PUFA) miatt alkalmazzák, ilyen pl. az EPA és a DHA. Ez a két zsírsav alapvető jelentőségű számos tengeri halnak, édesvízi halak számára viszont kevésbé fontos. Ennek oka, hogy az édesvízi ökoszisztémák alacsonyabb trofikus szintjein (a fitoplankton, zooplankton és rovarok szintjén) az α-linolénsav gyakran előfordul, ezáltal számos édesvízi hal képes ezt biológiailag aktív EPA-vá és DHA-vá átalakítani (Sargent et al., 1995). A növényi olajok gazdagok telítetlen zsírsavakban, amelyek közül az ω-3 és ω-6 zsírsavak a humán táplálkozásban is esszenciális jelentőségűek, a takarmányon keresztül pedig a halhús is telítődik ezekkel az értékes tápanyagokkal (Ardó et al., 2009). Számos édesvízi faj számára elegendő lenne az α-linolénsavat megfelelő mennyiségben biztosítani, melyet számos más forrásból, pl. növényi olajak által biztosítani (Csengeri et al., 2013; Fountoulaki et al., 2009; Szabó et al., 2011). Ezzel szemben a legtöbb tenyésztett tengeri hal húsevő, vagy akár halevő (pl. atlanti lazac, nagy rombuszhal, aranydurbincs), melyek nem képesek az EPA-t vagy DHA-t előállítani, ezért ezeket a zsírsavakat a takarmányukba bele kell keverni (Tocher, 2010). Függetlenül attól, hogy a hal édesvízi vagy tengeri, általános a velük szemben támasztott fogyasztói igény, hogy magas omega-3 PUFA tartalommal kell rendelkezniük. Ennek kielégítéséhez egy fenntarthatóbb takarmányozási stratégiát kell alkalmazni annál, minthogy a termelés összes fázisában a halak étrendjéhez nagy mennyiségű PUFA-t adnánk. Jobb megoldás lehet a halak takarmányát oly módon megváltoztatni a termelés utolsó 30 napjában, hogy az nagyobb mennyiségű halolajat tartalmazzon a kívánt PUFA érték eléréséhez (Torstensen et al., 2005, Mourente & Bell 2006). Ezáltal általánosságban a halolaj bevitelt (inputot) le lehetne csökkenteni. Rövid távú takarmánymegvonás esetén csökken a halhús zsírtartalma és táplálkozástani szempontból kedvezőbbé válik a zsírsav összetétele, ugyanakkor hosszú távú éheztetés rontja a halhús minőségét (Varju & Mézes, 2016; Varga et al., 2020).

3.1.3 Vitaminok és vitaminszerű anyagok

A vitaminok kémiailag igen változékony vegyületek, melyek stabilitásukban jelentősen eltérnek. A különböző fizikai hatásokra és kémiai vegyületekre igen változékonyan reagálnak. Ennek következtében a vitaminok stabilitását, aktivitását ideális esetben a kész takarmányban célszerű vizsgálni. A leggyakrabban előforduló fizikai behatás a magas páratartalom általi nedvességfelvétel következménye, de fontos tényező a tárolás és takarmány feldolgozás, előállítás (pelletálás, extrudálás) során a hőmérséklet és a napfény ereje is (Reddy & Love, 1999). A kémiai reakciók közül a vitaminok bomlását az oxidáció és más anyagokkal (kolin, szervetlen ásványi elemek) történő interakció idézi elő (Shurson et al., 2011). A hosszú távú, vagy többszörös kitettség ezekre a negatív hatású faktorokra hatványozza a vitaminok bomlékonyságát. A vitaminok stabilitásának megőrzése érdekében számos technológiát dolgoztak ki és teszteltek, úgymint ellenálló vitamin-formák előállítása, porlasztásos szárítás, kapszulázás, ellenkező esetben a víztérben könnyen kiolódnak (Csengeri et al., 1995; Petitjean & Csengeri, 1995).

A takarmányok tervezésekor törekedni kell az optimális vitamin tartalom biztosítására (Linden, 2013). Négy különböző vitamin szintet különböztethetünk meg: elégtelen, optimum alatti, optimális, illetve optimum feletti. Elégtelen vitaminellátottság során az állatok igényei alatti szintet értjük, melynek következtében kialakulhatnak a klasszikus klinikai hiánytünetek. Optimum alatti dozírozás esetén stresszmentes körülmények között ugyan a meghatározott vitamin igényt kielégítjük, ugyanakkor nem érjük el az optimális egészséges szintet és termelékenységet. Optimális vitaminellátottság esetén a negatív hatások kiegyenlítődnek, biztosítjuk a modern állattenyésztés során elvárt hatékonyságot (hatékony tápanyag metabolizmus, maximális teljesítmény és takarmány hasznosítás, optimális egészség és jólét). Megkülönböztetünk továbbá optimum szint feletti ellátottságot is, melynek céla különleges, előre meghatározott, úgymint húsminőség javítás, immunerősítés.

Zsírban oldódó vitaminok:

Az **A-vitamin**nak (retinol) kulcsszerepe van a látásban, növekedésben, csontképződésben, a szaporodás során, illetve nélkülözhetetlen tápanyag az immunrendszer és a hámszövetek megfelelő működéséhez. A karotinoidok az A-vitamin prekurzoraként funkcionálnak, melyek a bélcsatornában alakulnak át (Alsop et al., 2005).

A retinoidok hosszú szénláncú zsírsavak észtereiként a májban raktározódnak és szükség esetén a retinol-kötő fehérjék (RBP) által szállítódnak a szövetekbe (Bellovino et al., 2001). Ennek a tulajdonságnak köszönhetően magas a különböző olajok A-vitamin tartalma (1. táblázat).

1. táblázat Alapanyagok A-vitamin tartalma (https://www.feedtables.com)

Alapanyag	**tartalom (1000 NE/kg sz.a.)**
tőkehalmájolaj	833
pálmaolaj	145
lucerna	101
szójaolaj	19,4
halolaj	18,3
Rovimix A-1000	1000.000

Az A-vitamin, mint az egyik legbomlékonyabb vitamin, erősen kitett a takarmánykeverék alkotóival történő interakcióknak, illetve a tárolási körülményeknek. Leggyakrabban a retinolt acetát, palmitát vagy propionát-észter formában teszik a takarmány keverékekbe. Hiánytünetei lehetnek a csökkent intenzitású növekedés, gyenge látás, szemkidülledés, szöveti vérzés (Shefat & Karim, 2018). A-vitamin toxicitás esetén csökkent intenzitású növekedés, elhullás, gerincferdülés, úszó szövetelhalás (Lall & Tibbetts, 2009). A DDGS A-vitamin tartalma a kimutatási határ alá esik (Jung et al., 2013).

A halak számára a **D-vitamin**ok közül a legfontosabb és a legaktívabb a D_3 (kolekalciferol) kémiai formulája, ugyanakkor említésre méltó még a D_2 (ergokalciferol) vegyület is, ám utóbbi harmad annyira hasznosul (Mattila et al., 1997). Ezeket a tápanyagokat a halak nem képesek szintetizálni, így a szükségleteket a takarmánnyal kell kielégíteni. A természetben a planktonikus szervezetek látják el a halakat D-vitaminnal, melyet a napsugárzás által állítanak elő (Takeuchi et al., 1991). A kolekalciferolnak kulcsszerepe van a kalcium és foszfor szállításában, felszívódásában, ugyanakkor a kutatók kimutatták, hogy befolyásolják a hormonok működését, hatással vannak az izomműködésre, a kollagén bioszintézisére (Lock et al., 2010). A halak a D-vitamint a májban raktározzák. Hiánytünetek leginkább a kalcium- és foszfor anyagcsere zavaraiban mutatkozik meg, miszerint csontdeformitások keletkeznek, csontritkulás alakul ki. D-vitamin túladagolás esetén mérgezés a halaknál ritkán alakul ki, melynek következtében norvég nyomásra az EU jelentősen megemelte a lazacféléknek adagolható maximális határértékét a takarmányokban (2019/849 EK rendelet). A D_3 vitamin különböző halfajok

májolajaiban fordul elő a legnagyobb mennyiségben, míg a D_2-vitamin a növények ergoszteroljából képződik (2. táblázat).

2. táblázat Alapanyagok D-vitamin tartalma (https://www.feedtables.com)

Alapanyag	**tartalom (1000 NE/kg sz.a.)**
tőkehalmájolaj	92
kukorica DDGS	0,6
cukorrépa	0,6
Rovimix D3-500	500.000
EU maximális határérték egy napi adagban	
lazacfélék	60.000
egyéb halfajok	3.000

Az **E-vitamin** erős antioxidáns szerepet tölt be, azaz képes redukálni a szabadgyököket, emiatt az immunrendszer nélkülözhetetlen eleme. Esszenciális alkotója a glutation-peroxidáznak (GPx) és a szuperoxid-dizmutáznak (SOD). Az α-tokoferolnak, amely a biológiailag legaktívabb forma az E-vitamin csoportból fontos szerepe van a többszörösen telítetlen zsírsavak peroxidációjának gátlásában, valamint az érzékeny vitaminok védelmében (Elbaraasi et al., 2014; Suárez-Jiménez et al. 2016). Mivel a halak nem képesek szintetizálni, így hiánytünetei is előfordulhatnak, úgymint izomsorvadás, vérszegénység, szaruhártya lágyulás, szemkidülledés, májsérülés, gyenge stressz tűrő képesség, szaporodásbiológiai problémák (Wang et al., 2016). Az E-vitamin gazdagon megtalálható az egyes takarmány alapanyagokban is, legfőképpen a zöld növényekben, állati melléktermékekben kisebb mennyiségben van jelen (3. táblázat).

E-vitaminból a szójaliszt 5 mg/kg-ot, a búza 18 mg/kg-ot, kukorica 20 mg/kg-ot, a kukorica DDGS 43 mg/kg-ot száraz anyagra vonatkoztatva. Kereskedelmi forgalomban tokoferol-acetát formában kapható, mely ellenálló az oxidációs folyamatoknak.

3. táblázat Alapanyagok E-vitamin tartalma (https://www.feedtables.com)

Alapanyag	**tartalom (mg/kg sz.a.)**
napraforgó olaj	625
lucerna	225
halolaj (szardellafélék)	219
repce olaj	219
szója olaj	170
Rovimix E50 Adsorbate	50 %
Kukorica DDGS	43

A **K-vitamin** K_1 (filokinon) formája növényi anyagokban fordul elő, a K_2 (menakinon) forma pedig bakteriális fermentáció során termelődik, míg a K_3 (menadion) szintetikus vegyület. Fontossága a véralvadásban és a csontok mineralizációban mutatkozik meg (Krossøy et al., 2011). A menadion különösen érzékeny a magas hőmérsékletre, így az extrudálás és pelletálás hatására jelentős bomlási veszteséget szenved (30-60 %) (Reddy & Love, 1999). Hiánytünete lehet a vér alvadásához szükséges idő növekedése, vérszegénység, szöveti bevérzés, úszó szövetelhalás, növekedési zavarok, elhullás. A lucerna tartalmazza a legtöbb K-vitamint, provitamin formájában (4. táblázat). A DDGS K-vitamin tartalma a kimutatási határ alá esik.

4. táblázat Alapanyagok K-vitamin tartalma (https://www.feedtables.com)

Alapanyag	**tartalom (mg/kg sz.a.)**
lucerna	22
halliszt (fehérje 70%)	2,4
tőkehalmájolaj	1,5
repce olaj	1,5
borsó	0,9
Rovimix K3	43,9 %

Vízben oldódó vitaminok:

A csontos halak (*Osteichthyes*) L-gulonolakton-oxidáz enzim hiányában nem képesek elégséges mennyiségű **C-vitamin** bioszintézisre, így annak esszenciális mivolta miatt a táplálékkal szükséges azt biztosítani (Papp et al., 1995; Trichet et al., 2015). A C-vitamin az E-vitaminnal szinergiában a biológiai antioxidáns rendszer részeként funkcionál, hogy megvédje a szervezetben lévő makromolekulákat a kontrollálatlan oxidációs folyamatoktól, fertőzésektől, támogassa a megfelelő stressz-válasz reakciókat, illetve hatékony védelmet biztosítson a szennyezések elleni küzdelem során, ugyanakkor elősegíti a megfelelő növekedést (kollagén bioszintézis) és szerepet játszik a halak szaporodásában is (Elbaraasi et al., 2004; Hossain et al., 2018; Izquierdo et al., 2001). A C-vitamin L-aszkorbinsav izomere mutat értékelhető biológiai aktivitást, azonban ez a vegyület rendkívül instabil, gyorsan bomlásnak indul oxidáció, magas hőmérséklet, fény, mátrix-hatás végett (Herbig & Renard, 2017). Ahhoz, hogy elkerüljük a bomlási folyamatokat, a C-vitamint a haltakarmányokba azok előállításának körülményei (magas hőmérséklet, nyomás) miatt védett (bevont, kapszulált) formában kell hozzáadni. A C-vitamin a bélben szívódik fel, 80%-os hatékonysággal (Casirola & Ferraris, 1997). Hiánytünete a csontdeformitás, csontbetegségek, csökkent növekedés, a fertőzésekkel

szembeni ellenállóképesség csökkenése, stressz-érzékenység (Sandnes, 1991). A takarmány alapanyagok közül csupán a borsóban található meg számottevő mennyiségben (18 mg/kg sz.a.), melyből az optimális szükséglet nehézkesen biztosítható, így célszerű a védett, szintetikus formát használni, pl. Rovimix C-EC.

A tiamin (**B_1-vitamin**) a szénhidrát anyagcsere forgalom számára biztosít kofaktorokat, hozzájárul a jó étvágy kialakulásához, a megfelelő emésztéshez, a jó növekedéshez, a termékenységhez. A halak nem képesek szintetizálni a tiamint, ugyanakkor a bélben élő egyes mikroorganizmusok, valamint a vízi élőlények is termelik, úgymint a prokarióták, algák, vízinövények (Harder et al., 2018). Hiánya esetén csökken az étvágy és a növekedés, zavart szenved a zsírmobilizáció, idegrendszeri problémák lépnek fel. A tiamin természetes formában megtalálható a gabonafélékben (5. táblázat).

5. táblázat Alapanyagok B_1-vitamin tartalma (https://www.feedtables.com)

Alapanyag	**tartalom (mg/kg sz.a.)**
szárított sörélesztő	92
napraforgó liszt	38
búzaliszt	26
rizskorpa	25
extrudált szója	12
Rovimix B_1 (tiamin-mononitrát)	min. 98 %
kukorica DDGS	3

Tiaminból a szójaliszt 3 mg/kg-ot, a búza 5 mg/kg-ot, a kukorica 4 mg/kg-ot, a kukorica DDGS 3 mg/kg-ot tartalmaz, száraz anyagra vonatkoztatva.

A riboflavin (**B_2-vitamin**) az összes állat - a halakat is beleértve - számára esszenciális. A riboflavin a flavoproteinek koenzime, melynek fontossága a szöveti légzés során és a méregtelenítéskor jelentkezik, továbbá jelentős oxidációs-redukciós biokémiai folyamatokban is jelentős szerepet tölt be (Sharifzadeh et al., 2015). Hiánya étvágycsökkenéssel, gyenge takarmány-hasznosítással kezdődik, kialakulhat fényérzékenység, sötétebb pigmentáltság, mozgáskoordinációs zavar, úszó erodáltság, hályog kialakulás (Amezaga & Knox, 1990). A B_2-vitamin széles körben előfordul növényekben, illetve állati termékekben egyaránt (6. táblázat). Riboflavinból a szójaliszt 3 mg/kg-ot, a búza 1 mg/kg-ot, a kukorica 2 mg/kg-ot, a kukorica DDGS 9 mg/kg-ot tartalmaz, száraz anyagra vonatkoztatva.

6. táblázat Alapanyagok B_2-vitamin tartalma (https://www.feedtables.com)

Alapanyag	**tartalom (mg/kg sz.a.)**
szárított sörélesztő	43
szárított lisztbogár lárva	25
lucerna	19
halliszt (fehérje 62 %)	12
kukorica DDGS	9
Rovimix B_2	min. 80 %

A **niacin** (B_3-vitamin) a nikotinsavamid-adenin-dinukleotid (NAD) alkotóeleme, így részt vesz a szervezet oxidációs-redukciós folyamataiban. A NAD(P) továbbá több, mint 400 enzim katalizátora a szervezetben, ezáltal a vitamin derivált enzimek közül a legtöbb folyamatban a niacin vesz részt (Erdman et al., 2012). Niacinhiány esetén a csökken a halak étvágya, sötét pigmentáltság alakul ki, bőrszöveti vérzés jelenik meg, mozgáskoordinációs zavar jelentkezik, továbbá magas mortalitást okoz (Halver & Hardy, 2012). A niacin előfordul mind növényekben, mind állatokban, kereskedelmi forgalomban kapható formái stabilak (7. táblázat).

7. táblázat Alapanyagok B_3-vitamin tartalma (https://www.feedtables.com)

Alapanyag	**tartalom (mg/kg sz.a.)**
szárított sörélesztő	480
rizskorpa	326
napraforgó liszt	260
búzakorpa	221
repceliszt	187
Rovimix Niacinamid	min. 99 %
DDGS	83

A szójaliszt 45 mg/kg, a búza 62 mg/kg, a kukorica 24 mg/kg, a kukorica DDGS 83 mg/kg niacint tartalmaz, száraz anyagra vonatkoztatva.

A **folsav** (B_4-vitamin) fontos szerepet játszik a vérsejt képzésben, szabályozza a vér glükóz szintjét, részt vesz az örökítő anyagok (DNS és az RNS) előállításában és regenerációjában, továbbá fontos az immunrendszer megfelelő működéséhez (Halver & Hardy, 2002; Soheil et al., 2013). Folsav hiány esetén élettani folyamatok zavara lép fel, többek között vérképzési zavarok okozta vérszegénység, sötét színű pigmentáltság, étvágytalanság és az amiatt kialakuló súlycsökkenés, szaporodásbiológiai zavarok, valamint a nukleinsav és fehérjeszintézis elégtelensége lép fel (Cowey & Woodward, 1993). A gyakran használt takarmány összetevők közül a szárított sörélesztő tartalmazza a

legnagyobb mennyiségben (11 mg/kg) a folsavat, valamint leginkább zöld növényi részekben, főként levelekben fordul elő (8. táblázat). Folsavból a szójaliszt 0,8 mg/kg-ot, a búza 0,5 mg/kg-ot, a kukorica 0,3 mg/kg-ot, a kukorica DDGS 1 mg/kg-ot tartalmaz, száraz anyagra vonatkoztatva.

8. táblázat Alapanyagok B_4-vitamin tartalma (https://www.feedtables.com)

Alapanyag	**tartalom (mg/kg sz.a.)**
szárított sörélesztő	11
lucerna	3
szárított lisztbogár lárva	3
rizskorpa	2
gyapotmag liszt	2
Rovimix Folic	min. 80 %
DDGS	1

A **pantoténsav** (B_5-vitamin) az Acetil-koenzim-A funkciós csoportjaként számos enzimreakció megfelelő működéséért felel (karboxilcsoportok szállítása), úgymint zsírsav szintézis és bontás, aminosav anyagcsere (Erdman et al., 2012). Hiánytünete esetén csökkent étvágy, növekedési zavarok, atrófia, szöveti elhalás, lomhaság, kopoltyú elváltozások, májzsír felhalmozódás alakul ki (Lin et al., 2012; Qian et al., 2015). Számos takarmány alkotó tartalmaz pantoténsavat (9. táblázat).

9. táblázat Alapanyagok B_5-vitamin tartalma (https://www.feedtables.com)

Alapanyag	**tartalom (mg/kg sz.a.)**
szárított sörélesztő	119
szárított lisztbogár lárva	53
lucerna	45
napraforgó liszt	44
búzakorpa	32
Rovimix Calpan (calcium D-pantothenate)	min. 98 %
DDGS	15

A szójaliszt 18 mg/kg, a búza 12 mg/kg, a kukorica 7 mg/kg, a kukorica DDGS 15 mg/kg pantoténsavat tartalmaz, száraz anyagra vonatkoztatva.

A **B_6-vitamin** (piridoxin) három vegyület közös elnevezése: piridoxol, piridoxál és piridoxamin. Ezek a vegyületek létfontosságúak a szervezet zsír-, fehérje-, és szénhidrát anyagcsere folyamatokban, továbbá neurohormonok alkotójaként részt vesznek az idegrendszer működtetésében is (Smith et al., 1974; Andrews & Murai, 1979). B_6-vitamin hiány esetén csökken az étvágy és a növekedés a nem megfelelő aminosav

ellátottság miatt, mozgáskoordinációs zavarok lépnek fel, hosszan tartó hiány esetén a szervezet leépül és bekövetkezik a mortalitás (Agrawal & Mahajan, 1983). A piridoxin vegyületek gazdagon megtalálhatóak lucernában, élesztőben és gabonamagvakban (10. táblázat). A szójaliszt 7 mg/kg, a búza 4 mg/kg, a kukorica 5 mg/kg, a kukorica DDGS 8 mg/kg piridoxint tartalmaz, száraz anyagra vonatkoztatva.

10. táblázat Alapanyagok B6-vitamin tartalma (https://www.feedtables.com)

Alapanyag	**tartalom (mg/kg sz.a.)**
lucerna	315
szárított sörélesztő	36
rizskorpa	32
napraforgó liszt	15
CGF	14
Rovimix B6 (pyridoxin hydrochloride)	min. 99 %
DDGS	8

A **biotin** (B_7-vitamin) a piruvát-karboxiláz és az acetil-koenzim-A kofaktoraként részt vesz a glükoneogenezisben, a zsírsav szintézisben és bontásban, a Szent-Györgyi–Krebs-ciklusban (Shiau & Chin, 1999). Biotin avitaminózis esetén abnormális úszás, bőrelváltozások, hiperérzékenység, csökkent növekedés, bél-, vese- máj-, és kopoltyú rendellenességek következnek be, továbbá emelkedik a mortalitási arány (Yossa et al., 2013). Halak esetében mivel a biotin a bélflórában is termelődik, nehéz megállapítani az ideális szükségletet, mindemellett a takarmány alapanyagok is tartalmazzák megfelelő mennyiségben (11. táblázat) (Halver & Hardy, 2002).

11. táblázat Alapanyagok biotin tartalma (https://www.feedtables.com)

Alapanyag	**tartalom (mg/kg sz.a.)**
napraforgó liszt	1
szárított sörélesztő	1
repceliszt	1
szárított lisztbogár lárva	0,9
kukorica DDGS	0,7
Rovimix Biotin	min. 10 %

Biotinból a szójaliszt 0,4 mg/kg-ot, a búza 0,1 mg/kg-ot, a kukorica 0,07 mg/kg-ot, a kukorica DDGS 0,7 mg/kg-ot tartalmaz, száraz anyagra vonatkoztatva.

A **kolin**t (B_8-vitamin) az állati szervezetek nem képesek szintetizálni, így a táplálékkal történő bevitel indokolt (Lykidis, 2007). A kolin az acetilkolin előanyaga. A kolinból észterifikáció útján keletkeznek a foszfatidilkolinok (lecitin), mely alapvető

komponense a sejtmembránoknak és a lipoproteineknek, prekurzora az ingerületvivő molekuláknak (Tocher et al., 2008). Nem megfelelő kolin ellátottság esetén zavart szenved a zsírsav anyagcsere, melynek hatására elzsírosodik a máj, valamint csökken a növekedés, takarmányhasznosítás és nő az elhullás is (Wu et al., 2011; Khosravi et al., 2015). A kolin számos növényi és állati sejt membránjában foszfolipid formában megtalálható (12. táblázat). A szójaliszt 3182 mg/kg, a búza 1060 mg/kg, a kukorica 617 mg/kg, a kukorica DDGS 2517 mg/kg kolint tartalmaz, száraz anyagra vonatkoztatva.

12. táblázat Alapanyagok kolintartalma (https://www.feedtables.com)

Alapanyag	**tartalom (mg/kg sz.a.)**
repceliszt	7374
szárított lisztbogár lárva	4615
halliszt (fehérje 62 %)	4571
szárított sörélesztő	3574
szójaliszt	3182
kolin-klorid	70 %
DDGS	2517

A **cianokobalamin** (B_{12}-vitamin) a folsavval egyetemben a vérképzésért felelős, illetve részt vesz a fehérje-, szénhidrát- és szintézisben (Olsvik et al., 2013). Számos esetben bizonyították, hogy B_{12}-vitamin hiányában súlyosan vérszegény állapot alakul ki, azonban halaknál ez ritkán alakul ki, mivel képesek a cianokobalamint a szöveteikben tárolni, illetve a bél mikroflóra által előállítani (Sugita et al., 1991; Halver & Hardy, 2002). A cianokobalamin növényi alapanyagok esetében nincs jelen, viszont állati eredetű takarmány alkotók, úgymint halliszt, feldolgozott állati melléktermékek biztosítják (Babinszky & Halas, 2019).

3.1.4 Ásványi anyagok

A haltakarmányozás során az ásványi anyagok egy különleges témakör, ugyanis a halak a béltraktuson kívül számos ásványi anyagot képesek a kopoltyún, illetve a bőrön keresztül abszorbeálni. Ez a felvehető mennyiség azonban a legtöbb esetben nem elegendő a napi szükséglethez.

Makroelemek:

Az elmúlt három évtizedben a halak esetében a leginkább tanulmányozott ásványi elem a ***foszfor***. *Prabhu és munkatársai* (2013) átfogó metaanalízise során több mint 40

halfajjal végzett foszforral kapcsolatos takarmányos kísérletek eredményeiről számol be. A halak esetében a foszfor számos ismert élettani szerepén (növekedés, vázrendszer felépítése) túl, annak környezetre gyakorolt hatásai miatt is rendkívül fontos. A halak képesek ásványi anyagokat abszorbeálni a vízből, azonban ez a mennyiség nem elegendő az igények kielégítésére, illetve a foszfor általában limitáló tényező a legtöbb természetes vízben, valamint az egyik legkevésbé abszorbeálható elem, így a halaknak szükséges a foszfor kiegészítés a takarmányok által. A magas foszfortartalom a vizekben elősegíti a fitoplankton termelődést, a vízben élő magasabb rendű növények növekedését, ugyanakkor algavirágzáshoz vezethet, melynek hatására veszélyesen alacsony szintre csökkenhet a vízben oldott oxigén szintje, illetve kellemetlen mellékíze lesz a halhúsnak (Knösche et al., 2000). A foszfor exkréciója édesvízi halaknál sokkal jelentősebb negatív hatásokat tud kiváltani, mint a tengeri halaknál, ugyanakkor vízvirágzás itt is előfordulhat (Price et al., 2014). A természetben a foszfor szerves és szervetlen formában is jelen van, illetve előfordul molekulakötésben a cukrokban, fehérjékben és egyéb sejtalkotó komponensekben. A foszfor csak szabad foszfát – illetve foszfolipid – formájában tud felszívódni, azonban számos takarmány alapanyag esetében a foszfor fitinkötésben van jelen, melyet egy speciális enzim, a fitáz képes bontani, amely azonban a magasabb rendű élőlényekben nem termelődik (Babinszky és Halas, 2019). A foszfor biohozzáférhetősége függ a kémiai szerkezettől, emészthetőségtől, szemcseméretől, más tápanyagokkal történő interakcióktól, a tápkészítés technológiájától és a víz kémiai tulajdonságaitól (Vielma et al., 1999). Foszforból a szójaliszt 7,1 g/kg-ot, a búza 9,5 g/kg-ot, a kukorica 2,9 g/kg-ot, a kukorica DDGS 8,5 g/kg-ot tartalmaz száraz anyagra vonatkoztatva, de összetett takarmányokban leggyakrabban monokalcium-foszfát (MCP) formájában biztosítják a szükséges mennyiséget (13. táblázat).

13. táblázat Alapanyagok foszfortartalma (https://www.feedtables.com)

Alapanyag	**tartalom (g/kg sz.a.)**
halliszt (fehérje 62%)	29,9
rizskorpa	17,4
szárított sörélesztő	13,5
gyapotmag liszt	12,7
repceliszt	12,7
monoammonium-foszfát (MAP)	270
monokalcium-foszfát (MCP)	228
dikalcium-foszfát (DCP)	210
DDGS	8,5

A **kalcium** az állatokban a legnagyobb mennyiségben előforduló, így egyben a legfontosabb ásványi elem. A kalcium 99 %-a a csontokba épülve van jelen. Ezen felül fontos szerepet tölt be az izomműködésben, a véralvadásában, az idegi ingerület átvitelben, a sejtek épségének megőrzésében, a sejtek sav-bázis egyensúlyának megtartásában, valamint számos enzim aktivátora (NRC, 2011). A kalcium esetében hatványozottan érvényes az az alaptézis, hogy amennyiben jelen van, úgy vízből abszorbeálni képes a hal és nincs szüksége táplálékkal történő bevitelre. Kalcium szegény környezetben ugyanakkor indokolt az igényeknek megfelelő pótlás (Hossain & Yoshimatsu, 2014). A halak a kalcium felvételt a környezet változása esetén képesek hormonálisan szabályozni, mindezt rendkívül gyorsan (Flik & Verbost, 1993). A D-vitamin és számos hormon befolyásolja a Ca anyagcserét és a működését. Prabhu és munkatársai (2014) irodalmi metaanalízise során ugyanakkor arra a következtetésre jutottak, hogy a sok változó miatt a megfelelő növekedés biztosítása érdekében érdemes bevinni a takarmánnyal kalciumot. A halakban általában a kalcium a foszforral kombináltan van jelen, így táplálékkal történő bevitel esetén fontos azok megfelelő aránya, mely faj- és vízminőség specifikus. Irodalmi adatok alapján ez az érték (Ca:P) 1:1 és 1:1,7 között ajánlatos (Hassaan et al., 2013). Ponty esetén a víz alacsony kalcium-ion tartalma (~ 5 mg/L) miatt 1 g/kg Ca bevitel javasolt a legkisebb mértékben a takarmánnyal (Nakamura, 1982). A szójaliszt 3,9 g/kg, a búza 1,3 g/kg, a kukorica 0,5 g/kg, a kukorica DDGS 0,7 g/kg kalciumot tartalmaz száraz anyagra vonatkoztatva, de összetett takarmányokban leggyakrabban mészkőliszt ($CaCO_3$) formájában biztosítják a szükséges mennyiséget (14. táblázat).

14. táblázat Alapanyagok kalcium tartalma (https://www.feedtables.com)

Alapanyag	**tartalom (g/kg sz.a.)**
garnélarák liszt	126
fekete katonalégy lárva	52,9
halliszt (fehérje 62%)	48,5
lucerna	25
PAP (baromfi)	23,8
mészkő	351
kalcium-szulfát	290
dikalcium-foszfát (DCP)	280
monokalcium-foszfát (MCP)	170
DDGS	0,7

A **magnézium** számos enzimreakció kofaktoraként ismeretes, ugyanakkor fontos szerepe van az csontképződésben, az anyagcsere folyamatokban, az ozmoregulációban és az idegrendszer megfelelő működésében. Jelentős különbség tapasztalható a felszívódás tekintetében a gyomorral rendelkező (lazacfélék, harcsafélék stb.) és gyomorral nem rendelkező (pontyfélék) fajok esetében, ugyanis Bucking és Wood (2007) szerint a gyomornak kulcsszerepe van a szabad magnézium ionok mozgósításában, amely később könnyebben felszívódik a béltraktusban. Ennek ismeretéből adódik, hogy a pontyféléknek magasabb a magnézium igénye. A kutatások bizonyítják, hogy számos tényező hat a magnéziumigényre. Ilyen például a komplex takarmány fehérjetartalma, amelynek növekedése magával vonzza a magnézium igény növekedését is (Dabrowska et al., 1991). A magnéziumhiány a halaknál általánosságban étvágytalanságot, csökkent növekedést, nagymértékű elhullást okoz. A gyakran használt takarmány alapanyagok közül magnéziumból a szójaliszt 3,2 g/kg-ot, a búza 4 g/kg-ot, a kukorica 1,2 g/kg-ot, a kukorica DDGS 3,3 g/kg-ot tartalmaz száraz anyagra vonatkoztatva, de összetett takarmányokban leggyakrabban magnézium-oxid és magnézium-szulfát formájában biztosítják a szükséges mennyiséget (15. táblázat).

15. táblázat Alapanyagok magnéziumtartalma (https://www.feedtables.com)

Alapanyag	**tartalom (g/kg sz.a.)**
garnélarák liszt	9,3
rizskorpa	7,8
gyapotmag liszt	6,8
repceliszt	5,7
napraforgó liszt	5,6
magnézium-oxid	512
magnézium-szulfát	171
dolomit mészkő	100
monocalcium-foszfát	4,9
DDGS	3,3

A **nátrium**, a **kálium** és a **klorid-ionok** az egyes membránok közti ioncserében (ozmoreguláció) vesznek részt, ezen felül a homeosztázis fenntartásában és a sav-bázis egyensúlyban is kulcsszerepük van. Hiánytünetet csak néhány faj esetében jelentettek, ugyanis a halak képesek környezetükből felvenni az szükséges mennyiséget. A nátrium és a klorid takarmánnyal történő bevitel egyszerűen, takarmánysó (NaCl) hozzáadásával megoldható. Az édesvízi halak kálium igényét érdemes a takarmánnyal biztosítani (Hardy & Halver, 2002). A takarmány alapanyagok közül nátriumban gazdagok az állati fehérje

koncentrátumok, a növényi eredetű alkotók pedig keveset tartalmaznak. A klorid követi a nátrium által felvett mintázatot, míg a kálium esetében ennek fordítottja igaz (16., 17. és 18. táblázat).

16. táblázat Alapanyagok nátriumtartalma (https://www.feedtables.com)

Alapanyag	**tartalom (g/kg sz.a.)**
garnélarák liszt	15,51
halliszt (fehérje 62%)	11,61
kukorica DDGS	4,84
vérliszt	3,97
Baromfi húsliszt	3,74
takarmánysó (NaCl)	380
nátrium-bikarbonát ($NaHCO_3$)	272
nátrium-karbonát (Na_2CO_3)	432

17. táblázat Alapanyagok kloridtartalma (https://www.feedtables.com)

Alapanyag	**tartalom (g/kg sz.a.)**
halliszt (fehérje 62%)	18,1
lucerna	6,3
vérliszt	5,7
szárított sörélesztő	3,7
kukorica DDGS	3,2
takarmánysó (NaCl)	597

18. táblázat Alapanyagok kálium tartalma (https://www.feedtables.com)

Alapanyag	**tartalom (g/kg sz.a.)**
lucerna	28,5
szójaliszt	24,5
szárított sörélesztő	22
gyapotmag liszt	17,4
búza DDGS	17,2
kálium-klorid (KCl)	515
kálium-karbonát (K_2CO_3)	510

Mikroelemek:

A ***vas*** számos halfaj esetében nélkülözhetetlen, azonban az optimális növekedés eléréséhez és a hiánytünetek elkerüléséhez szükséges mennyiségek csupán néhány, kiválasztott halfaj esetében ismertek. Ezen esetekben meghatározott szintek összetett takarmányok általi bevitel esetében kijelenthető, hogy nem lenne szükséges közvetlen vaspótlás, ugyanis a takarmány összetevőkben megvan a szükséges mennyiség. Ugyanakkor, a legtöbb összetevő vas tartalma annak kémiai szerkezete miatt nehezen szívódik fel, valamint egyes tápanyagok még inhibitorként is hatnak a vas felszívódására (House, 1999). Az aszkorbinsav segíti a vas felszívódását, míg a fitát és a csersav

csökkenti. Ennek tudatában szükséges lehet az összetett takarmányok vassal történő kiegészítése. Ennek fontossága abból adódik, hogy a vasnak fontos szerepe van a keringési rendszer működtetésében, az immunválasz-reakciókban, illetve fertőzések elleni rezisztenciában (Andersen et al., 1997). A vas hiánya vagy túlzott mértékű jelenléte is káros hatásokkal bír (Carriquiriborde et al., 2004). Vasból a szójaliszt 280 mg/kg-ot, a búza 107 mg/kg-ot, a kukorica 40 mg/kg-ot, a kukorica DDGS 295 mg/kg-ot tartalmaz száraz anyagra vonatkoztatva, de összetett takarmányokban leggyakrabban vas-szulfát monohidrát formájában biztosítják a szükséges mennyiséget (19. táblázat).

19. táblázat Alapanyagok vastartalma (https://www.feedtables.com)

Alapanyag	**tartalom (g/kg sz.a.)**
PAP (baromfi)	4,8
rizskorpa	2,5
vérliszt	2,2
gyapotmag liszt	1,5
földimogyoró liszt	0,8
vas-szulfát monohidrát	330
vas-kelát (Vevomin)	120
monocalcium-foszfát	8,1
EU maximális határérték egy napi adagban	0,75
DDGS	295

A **réz** esszenciális nyomelem, mely elengedhetetlen többek között a citokróm oxidáz (sejtlégzés), a lizil oxidáz (lizin metabolizmus), a ceruloplazmin (ferroxidáz) és a szuperoxid-dizmutáz (antioxidáns védelem) működéséhez. Réz szükséges a vas abszorbeálásához, ami a haemoglobin szintézis miatt elengedhetetlen. Mivel a halak környezetükből képesek a rezet is felvenni, így hiánytüneteit csak extrém esetben figyelték meg. A réz a vízi élőlények számára a szükségesnél nagyobb koncentráció esetén az egyik legtoxikusabb elem. Toxikus kitettség esetén kopoltyú károsodás, illetve máj és vese nekrózis lép fel (Thangam, 2016). A növényi és állati eredetű takarmány összetevők réztartalma között nincs számottevő különbség (20. táblázat).

20. táblázat Alapanyagok réztartalma (https://www.feedtables.com)

Alapanyag	**tartalom (mg/kg sz.a.)**
gyapotmag liszt	99
búza glutén	43
PAP (baromfi)	40
árpa DDGS	38
napraforgó liszt	34
réz-szulfát	25.000
réz-kelát (Vevomin)	13.000
EU maximális határérték egy napi adagban	25 mg/kg

A **cink** esszenciális eleme a szervezet szénhidrát-, fehérje- és zsír anyagcseréjének, ugyanis számos metalloenzim kofaktoraként funkcionál. A halak képesek a cinket a kopoltyún keresztül a vízből felvenni, ugyanakkor sokkal hatékonyabb a táplálék általi felvétel a béltraktuson keresztül. Melegvérű állatoknál bizonyított tény a cink hiány csökkent immunválaszt okoz, valamint az állatok fogékonyabbá válnak a fertőzéses betegségekre (Rink & Gabriel, 2000). Ez az állítás a halak szempontjából nem teljesen igaz, kutatók kísérleteik eredményeképpen pro és kontra eredményekről is beszámoltak (Lim & Webster, 2001). Az összetett takarmányokban a gyakran előforduló fitinsav gátolja a cink bélből történő felszívódását (Satoh et al., 1989). A szójaliszt 62 mg/kg, a búza 101 mg/kg, a kukorica 24 mg/kg, a kukorica DDGS 68 mg/kg cinket tartalmaz száraz anyagra vonatkoztatva, de összetett takarmányokban leggyakrabban szervetlen (pl.: cink-oxid vagy cink-szulfát) formájában biztosítjuk a szükséges mennyiséget 21. táblázat).

21. táblázat Alapanyagok cinktartalma (https://www.feedtables.com)

Alapanyag	**tartalom (mg/kg sz.a.)**
árpa DDGS	188
toll liszt	133
búza DDGS	130
fekete katonalégy lárva	116
halliszt (fehérje 62%)	107
cink-oxid	72.000
cink-szulfát monohidrát	35.000
cink-kelát (Vevomin)	13.000
EU maximális határérték egy napi adagban	
lazacfélék	180
egyéb halfajok	150

A **szelén** táplálkozási jelentőségét már az 1950-es években kimutatták. A glutation-peroxidáz (GPx) enzim alkotójaként (4 szelén atomot tartalmaz) a halak számára esszenciális, mely védelmet nyújt az oxidatív stressz ellen (Jones & Sies, 2015). Az aktuális szelén igényre befolyással van az E-vitamin ellátottság is, mivel szinergista kapcsolatban állnak egymással (El-Hammady et al., 2007). Bizonyítottan fontos a táplálékkal bevinni a szelént, ugyanakkor szűk mezsgye van az esszenciális és a toxikus szint között (Molnár et al., 2012; Lee et al., 2016). A **jód** mellett a szelénnek szerepe van továbbá a pajzsmirigyhormonok működésében is, mely nem megfelelő működés esetén csökken az anyagcsere intenzitás (Ribeiro et al., 2012). A szelén és azok vegyületei védelmi szerepet tölt be a nehézfém toxicitás elleni küzdelemben (Sørmo et al., 2011). A szelén hiánya és túladagolása (13-15 mg/kg takarmány száraz anyagra vonatkoztatva) csökkent növekedéshez, gyenge takarmány-hasznosításhoz és mortalitáshoz vezet (Lemly, 2002). A takarmánnyal hozzáadott szelén formája különösen fontos, ugyanis a szerves szelén hozzáférhetősége jobb, mint a szervetlené (Han et al., 2011). Szelénből a szójaliszt 0,5 mg/kg-ot, a búza 0,2 mg/kg-ot, a kukorica 0,1 mg/kg-ot, a kukorica DDGS 0,2 mg/kg-ot tartalmaz száraz anyagra vonatkoztatva, de összetett takarmányokban leggyakrabban nátrium-szelenit (Na_2SeO_3) formájában biztosítjuk a szükséges mennyiséget (22. és 23. táblázat).

22. táblázat Alapanyagok szeléntartalma (https://www.feedtables.com)

Alapanyag	**tartalom (mg/kg sz.a.)**
burgonyafehérje koncentrátum	1
repceliszt	1
toll liszt	0,8
takarmányliszt	0,7
napraforgó	0,6
nátrium-szelenit	450.000
kalcium-szelenit	414.000
nátrium-szelenát	410.000
DDGS	0,2
EU maximális határérték egy napi adagban	0,5

23. táblázat Alapanyagok jódtartalma (https://www.feedtables.com)

Alapanyag	**tartalom (mg/kg sz.a.)**
halliszt (fehérje 62%)	3
szárított sörélesztő	1
toll liszt	0,6
lucerna	0,5
rizskorpa	0,4
kalcium-jodid	864.000
nátrium-jodid	840.000
kálium-jodid	760.000
EU maximális határérték egy napi adagban	20

A **mangán** a csontfelépítésben játszik szerepet, valamint számos enzim esszenciális aktivátora (Lall & Lewis-McCrea, 2007). Habár a mangán szabályozása a szervezetben és az anyagcseréje nem teljesen világos a kutatók számára, a hiánytünetek, úgymint csökkent növekedés és csontváz deformitások, valamint a más ásványi elemekre és azok vegyületeire gyakorolt hatásai kimutathatóak (Halver & Hardy, 2002). Emiatt számos halfaj esetében meghatározták a mangán szükségletet, melyet Prabhu és munkatársai (2014) publikációjukban összefoglaltak. Az anyahalaknak a megszokottnál magasabb mangán szint ajánlott (Pepper & Crim, 1996). A takarmány alapanyagok mangán tartalmának hozzáférhetőségét Sugiura és munkatársai (1998) vizsgálták, melynek eredményeképpen megállapították, hogy egyedül a búza gluténnel lehet kalkulálni mangán forrásként. Ennek következménye, hogy a takarmányokban biztosítani kell a szükséges mennyiséget direkt, ásványi forrásból, pl. mangán-oxid, mangán-szulfát (24. táblázat).

24. táblázat Alapanyagok mangántartalma (https://www.feedtables.com)

Alapanyag	**tartalom (mg/kg sz.a.)**
fehér csillagfürt	1310
fekete katonalégy lárva	258
rizskorpa	213
takarmányliszt	114
búza DDGS	83
mangán-oxid	770000
mangán-szulfát monohidrát	32000
EU maximális határérték egy napi adagban	100

3.1.5 Egyéb takarmány adalékanyagok

A takarmánykiegészítők olyan tápértékkel nem rendelkező komponensek, amelyek alkalmazása hatással van az összetett takarmány fizikai vagy kémiai tulajdonságára, a hal teljesítményére és minőségére (Barrows & Hardy, 2000).

Napjainkban az akvakultúra termelés sikeressége nagymértékben függ a halbetegségek megjelenésétől, azok nem kívánt hatásaitól. Környezetünk szennyeződése, terhelése, megváltozása súlyos terhet ró az állatok immunrendszerére. A patogén mikroorganizmusok elterjedésének megakadályozása, kontroll alatt tartása miatt a tradicionálisan, széles körben használt mesterséges gyógykészítmények, vakcinák alkalmazása (Serrano, 2005) helyett, az elmúlt években egyre növekvő figyelmet kaptak a pre- és probiotikumok, valamint a természetes immunstimulátorok (Nayak, 2010; Ringø et al., 2010). Ezeknek az adalékanyagoknak a használata a kémiai úton előállított gyógyszereknél bizonyítottan kisebb a kockázattal jár. Alkalmazásuknak a haltenyésztésben különösen jó lehetőségei vannak, hiszen a halak betegségek elleni védekezésében jóval fontosabbak a természetes immunrendszer elemei, mint a magasabb rendű gerincesek esetében (Magnadóttir, 2006).

A **probiotikumok** elősegítik az emésztést és hozzájárulnak a szervezet védekezőképességéhez (Adel et al., 2017). A probiotikumok élő vagy élettelen (inaktivált) sejtek, melyeket táplálék útján vagy akár a vízbe helyezve fejtik ki pozitív hatásukat a gazda testben lévő mikroorganizmusok arányának megváltoztatásával (Dawood et al., 2017).

A **prebiotikumok** emészthetetlen oligoszacharidok, amelyek jótékony hatással bírnak a bél mikroflórájára (Ringø et al., 2010). Fő előnyük, hogy csupán a probiotikus törzsek képesek felhasználni. Az egyik legtöbbet kutatott prebiotikum, amelyet a takarmányipar is használ, az inulin (Roberfroid, 2005).

A **szinbiotikumok** tartalmaznak pro- és prebiotikumokat is, ahol azok szinergisztikus hatását használják ki (Markowiak & Slizewska, 2018).

Az **immunstimulánsok** a modern akvakultúra eszközei, amelyek segítenek a fertőző betegségek elleni rezisztencia fokozásában a veleszületett humorális és sejtes védelmi mechanizmusok által (Meena et al., 2013).

A mesterségesen előállított **enzimek** takarmány-kiegészítőként való felhasználásának célja az emésztés segítése (Ghosh, 2006). Számos kutatás foglalkozik az enzimkiegészítéssel, ugyanis az enzimek felhasználásával halliszt nélküli, könnyebben

emészthető, környezetbarát haltakarmányokat állíthatunk elő (Hardy, 2000; Castillo & Gatlin, 2015).

Az **íz- és szaganyagok** elősegítik az összetett takarmányok beazonosítását és gyors elfogyasztását. Ezzel csökken a takarmányveszteség, a környezetterhelés, nő a takarmányfelvétel, így a gazdaságosság is (Zhu et al., 2019).

A halakra is számtalan kórokozó leselkedik, úgymint vírusok, baktériumok, gombák, algák, paraziták, egysejtű- és többsejtű élősködők, férgek (MA-HAL & NAK, 2018). A betegségek kezelésének elrendelése minden esetben állatorvosi feladat. A pontos diagnózis felállítását követően takarmányba kevert **gyógykészítmények** etetésével érhetjük el az egészségi állapot javulását (Serrano, 2005). Mivel a halak rosszul bírják az egyes állományok keveredését, például szállítást követően, a kihelyezés előtt alapos vizsgálat és karantén szükséges (Arthur et al., 2008).

Az összetett takarmányok kis mennyiségben felhasznált komponenseit egyedi formulájú **előkeverékek** biztosítják. Ilyenek lehetnek például a vitamin-, ásványi premixek, egységes és komplex premixek (FEFANA, 2013).

3.2 Alternatív haltakarmány alapanyagok/fehérjeforrások

Mind a szárazföldi haszonállatok-, mind a haltakarmányok alapanyagai esetében elmondható, hogy azok nagyobb része az élelmiszer előállítás során keletkezett melléktermékekből tevődik össze, valamint olyan minőségű alapanyagok, amelyek nem alkalmasak élelmiszerként történő felhasználásra (Mézes, 2018b). Úgy gondolhatjuk, hogy manapság az összetett takarmányok formulázása során – ami az összetevőket illeti - a lehetőségek tárháza tárul elénk, azonban számos kritériumnak, kívánalomnak kell megfelelni. Néhány ilyen fontos dolog az elérhetőség, ár, minőség, illetve emészthetőség, íz, tápanyagok hozzáférhetősége és negatív hatású vegyületek megléte.

3.2.1 Szántóföldi növények és melléktermékeik

A legfontosabb, növényi eredetű fehérjeforrások az olajos magvakból készült lisztek, amelyek már átestek egy olajextrakciós technológiai fázison. Számos olcsó, feldolgozatlan növényi fehérjeforrás elérhető, azonban a bennük levő keményítő és más strukturális szénhidrátok miatt főként a ragadozó életmódot folytató halfajok számára lehet korlátozó tényező (Havasi et al., 2010; Øverland et al. 2009). A növények természetes védekezési mechanizmusuk során számos metabolitot termelnek, melyeket

gyakran antinutritív anyagokként említenek. Ezek jelenléte a növényi alapanyagokban csökkentheti a táplálóanyag hasznosulást és/vagy a halak tápanyag felvételét. Néhány antinutritív anyag elbomlik az extrudálás során (pl.: proteáz inhibítorok, hemagglutininok, antivitaminok), mások viszont ellenállnak a magas hőmérsékleti körülményeknek is (pl.: fitátok, szaponinok, nem keményítő poliszacharidok, antigén fehérjék, fitoösztrogének, fenolos vegyületek, glükozinolátok) (Tacon et al., 2009).

Az olajos magvak, a hüvelyesek és a gabonafehérjék manapság fontos alapanyagai a haltakarmányoknak. Összehasonlítva az állati eredetű fehérjékkel, a növényi eredetűek kisebb biológiai értékkel rendelkeznek a halak számára (esszenciális aminosav hiány, nehezen hozzáférhető foszfor tartalom, antinutritív anyagok jelenléte, nagyobb szénhidrát tartalom). A legtöbb növényi fehérje nem tartalmaz elegendő lizint és kéntartalmú aminosavat (metionin, cisztein), a teljes foszfor tartalom megközelítőleg 2/3-a fitát formájában van jelen, amit a hal részlegesen vagy egyáltalán nem képes hasznosítani, így a foszfor fitát része exkréció által kiürül a környezetet szennyezve. Mindazonáltal növényi fehérje alapanyagokat alkalmazva - a feldolgozás magas szintű technológiájának köszönhetően és a halak igényeinek ismeretére építve – előremutató eredményeket érünk el a növekedésben, a jólétben és a húsminőségben (Cheng et al., 2003). Ugyanakkor a növényi alkotók alkalmazásakor figyelembe kell venni azt, hogy különösen a ragadozó halfajok a túl magas szénhidrát tartalmú összetett takarmányokat nem képesek energiává alakítani, hiperglikémiás tünetek alakulnak ki (Enes et al., 2011).

A **szójaliszt** a legelterjedtebb alternatívája jelenleg a hallisztnek, köszönhető a versenyképes tápanyag összetételének, relatíve jó aminosav profiljának, könnyű hozzáférhetőségének, illetve a halliszthez képest alacsony árának (Gatlin et al., 2007). Mindazonáltal a szójalisztre alapozott haltakarmányok számos halfaj esetében negatív hatást gyakorolnak az emészthetőségre, takarmány-hasznosításra, teljesítményre (Zhang et al., 2018). Számos negatív hatás a szójában található antinutritív anyag (proteáz inhibítor, fitát, szaponin, lektin, oligoszacharid) miatt van (Francis et al., 2001a). Az antinutritív anyagok számos esetben bélgyulladást okoznak, melynek következményeként visszaesik a tápanyagfelvétel, hasznosítás, gyengül az immunrendszer (Krogdahl et al., 2015; Nayak, 2010; Booman et al., 2018).

A szója után a legnagyobb potenciállal bíró hüvelyes takarmány alapanyag a **borsó** (*Pisum sativum*) (Gao et al., 2013). Termelése Európában széles körben elterjedt, felhasználják élelmiszerként, illetve takarmányként egyaránt. 22-24% nyersfehérje tartalma miatt értékes fehérjeforrásnak minősül, mindemellett magas szénhidrát tartalma

miatt jó energiaforrás is. Aminosav profilja kedvezőbb a szójáénál, ugyanis lizin tartalma magasabb. Ugyanakkor triptofánban és a kéntartalmú esszenciális aminosavakban szűkösebb (Pereira & Oliva-Teles, 2002). Az emészthetőséget azonban befolyásolhatják a benne lévő antinutritív anyagok, úgymint proteáz inhibítorok, lektinek és tanninok (Tacon, 1998). Kiegészítő takarmányként is alkalmazható, azonban felhasználás előtt darálni és áztatni szükséges, mivel a bélben duzzad. A borsófehérje koncentrátum (PPC - pea protein concentrate) a hántolt borsó finomra őrölését követő levegő általi szemcse szegregálódással állítják elő, mely 50%-os nyersfehérje tartalmú alapanyagot eredményez, ezzel párhuzamban a szénhidrátok és az antinutritív anyagok jelenléte is kisebb lesz (Øverland et al., 2009).

A **csillagfürt**nek több faját is termesztik (fehér- és sárgavirágú; *Lupinus albus* és *L. luteus*), melyek nyersfehérje tartalma magas (30-40%). Fehérjéjének biológiai értéke kisebb a szójáénál. Rosttartalma jelentős, 15 %. Toxikus alkaloid tartalma miatt a halak számára veszélyes lehet, emellett ízrontó hatása is van (Ranjan & Bavitha, 2015), azonban megfelelően kezelve, alacsony ára miatt jöhet szóba (Robaina et al., 1995).

A **lóbab** (*Vicia faba*) kedvező élettani hatása magas keményítő-, fehérje- (25-30%) és rosttartalmának (9%) köszönhető. Legnagyobb hátránya, hogy a metionin és a cisztein tartalma extrém alacsony, valamint a lizin és treonin is limitáló tényező, ugyanakkor pozitív hatással bír a húsminőségre (Song et al., 2020). Alacsony a nyerszsír tartalma, ugyanakkor amurnál lipid akkumulációt okoz (Tian et al., 2019). Magas tannin tartalma hátrányos a takarmányfelvételre és hasznosulásra (Buyukcapar & Kamalak, 2007).

A pamut- és gyapotmagolaj-ipar melléktermére a **gyapotmagliszt** (CSM). A CSM megközelítőleg 41,7% nyersfehérje-tartalommal rendelkezik, és ez tömegre vetítve a harmadik legnagyobb mértékben felhasznált mag a világon (Gatlin et al., 2007). Azonban, a CSM használatával felmerülő jelentős kockázat a gosszipol (a gyapotcserjében megtalálható fenolos vegyület) toxicitása (Rinchard et al., 2002). A CSM fehérjeforrásként történő felhasználását érintő további probléma az alacsony lizin- és metionintartalma, illetve a magas nyersrosttartalom (Cheng és Hardy, 2002). Kutatók a gosszipol jelentős természetes antioxidáns hatásáról számoltak be a pettyes harcsa (*Ictalurus punctatus*) esetén. A gosszipol kedvező biológiai hatásait nagy figyelem övezi, ilyen például a jobb immunválasz és a betegségekkel szembeni jobb ellenálló képesség kialakíthatósága (Yildirim et al., 2003).

A repcéből készített lisztek egyaránt származhatnak a *Brassica napus* és *Brassica campestris* növények terméséből. A **repceliszt**, mely olajextrakciós folyamatok során keletkezik, megközelítőleg 35% nyersfehérje és 12% nyersrosttartalommal rendelkezik (Sørensen et al., 2011). A relatíve magas nyersrost- és fitáttartalma miatt a repcét húsevő halak esetében csak korlátozottan lehet felhasználni (Drew et al., 2007). A repceliszt állattakarmányként történő felhasználását limitálja az antinutritív anyag tartalma (Davies et al., 1990).

A **földimogyóliszt** (PM) az egész vagy tört földimogyorómagok olajextrakciós folyamata során keletkező melléktermék, mely változatos kémiai összetétellel és átlagosan 45,6%-os nyersfehérje-tartalommal rendelkezik (Batal et al., 2005). Számos halfaj számára a PM lizintartalma nem elégséges (Lim, 1997). A földimogyorót gyakran megfertőzi az *Aspergillus flavus* gomba, amely aflatoxint termel (Bezerra da Rocha et al., 2014; Marroquín-Cardona et al., 2014; Richard, 2007).

A **napraforgólisztet** (SFM) a hántolt napraforgómagból az olajextrakciót követően keletkező olajpogácsából állítják elő. A SFM-nak magas a halak számára az ízletessége, a rost- (18-23%) és lignintartalma, míg az antinutritív faktora, és lizintartalma alacsony (Sørensen et al., 2011; Mérida et al., 2010). A napraforgóliszt esetében a fehérje emésztéskor történő hasznosulása magas, habár az emészthető energiája alacsony a szénhidrátfrakció miatt (Sanz et al., 1994).

A **kukorica** nagy energiatalma a lisztes endospermiumból eredő keményítő és a csírarészben lévő olajtartalma miatt nagy (18,5 kJ/g). Esszenciális zsírsavakban, elsősorban linolsavban gazdag. Nyersfehérje tartalma közepesnek mondható (9%), azonban a lizintartalom limitáló. Mindösszesen 2-3 %-át képezi a rost frakció, melynek nagy része nem oldható. Jelentős xantofill-tartalma miatt színező hatással bír. Összetett haltakarmányokban előszeretettel alkalmazzák a kukoricát, mivel a keményítő zselatinizációja által jó minőségű, lebegő pelletet lehet gyártani vele. Kukorica tartalmú pontytakarmányoknál a kontrollhoz képest jobb palmitátsav és olajsav bioszintézist bizonyítottak (Farkas et al., 1978).

A **kukoricaglutén takarmány** (CGF) a nedves őrléses etanol gyártás során keletkezik melléktermékként és magas nyersfehérje (20-25%) tartalmuk miatt haltakarmány alapanyag alkotók (Wu et al., 1996b). Az előállítási folyamat során kén-dioxidot adnak a rendszerbe, ami által a CGF kéntartalma (0,33-0,73% sz.a.) is megnő, mely kérődzőknél toxicitáshoz vezethet (Smith et al., 2011). A CGF energia- és

szárazanyag tartalmát a halak kevésbé képesek megemészteni, illetve az ízhatás sem kedvező (Kitagima & Fracalossi, 2011).

A **kukoricaglutén liszt** (CGM) szintén a nedves őrléses etanol gyártás során keletkezik, azonban további technológiai lépéseknek köszönhetően 60% körüli nyersfehérje- és alacsony rosttartalommal rendelkezik (Nandakumar et al., 2017). Kedvezőtlen ízhatása miatt azonban kis mértékben használják (Wu et al., 1995). Magas bekeverési arányban a kutatók bélgyulladást és más negatív következményeket is megfigyeltek (Bai et al., 2019).

A **búza** nyerseférje tartalma magasabb a kukoricáénál (14%), azonban a lizin itt is limitáló tényező lehet. Az energiatartalma kisebb a kukoricáénál, rosttartalma hasonló, azonban annak egy része oldható (arabinoxilán). Extrudálás hatására nő a búza és a kukorica emészthetősége, elérhetőbbé válnak a fontos tápanyagok, ugyanakkor a lipogenezishez is több szénhidrát áll rendelkezésre, ami miatt nőhet a teljes test zsírtartalma (Venou et al., 2003).

A **tritikálé** a rozs és a búza keresztezése révén hozták létre és döntően takarmányozási célokat szolgál. Tápanyagösszetétele nagyon hasonlít a búzáéhoz, ugyanakkor több lizint tartalmaz. Magjai puhábbak, mint a búzaszemek, ami kedvez az előállítandó pellet tulajdonságainak (Hughes, 1990), ugyanakkor könnyebben megtelepszenek rajta a penészgombák (Cheli et al., 2014).

Az **árpa** 9-15% nyersfehérje tartalmú gabona, melynek lizin és metionin tartalma alacsony, emiatt kevésbé alkalmazzák haltakarmányokban (Gatlin et al., 2007). Felhasználása széleskörű, termelési volumene elégséges rendelkezésre állást biztosít. Keményítő tartalma miatt az etanol iparban is sok helyen alkalmazzák. Magas β-glükán tartalma miatt a szervezetre pozitív hatást gyakorol (Sealey et al., 2008).

A **rizskorpa** a rizsszemek külső héjját (korpa) és a csíráját tartalmazza, melléktermékként keletkezik az őrlési eljárás során. 13% nyersfehérjét, 15% nyerszsírt és 11% nyersrostot tartalmaz, Halastavakban előszeretettel alkalmazzák kiegészítő takarmányként. Pontytakarmányokban a takarmány optimalizálására, illetve költségcsökkentés miatt használható (Rónyai & Gál, 2005).

3.2.2 Állati eredetű összetevők és melléktermékek

A feldolgozott állati eredetű fehérjék (Processed Animal Proteins - PAPs) azok az összetevők, amelyek az emberi fogyasztásra alkalmas állatokból származnak (EU 3-as

kategória alapján), származásuk nyomon követhető és megfelelő minőségűek. Ezen alapanyagok gyártása speciális létesítményekben, teljes körű felügyelet mellett történik. A feldolgozott állati fehérjék magas fehérjetartalmuk miatt a halliszt és az olajos magvak megfelelő alternatívái lehetnek. A metionin kivételével a legtöbb esszenciális aminosavat nagy mennyiségben tartalmazzák (Kumar et al., 2016). A **baromfi húsliszt** (poultry by-product meal) és a **toll-liszt hidrolizátum** jóval kevesebb metionint, lizint, hisztidint és triptofánt tartalmaz a hallisztnél. Nyomás alatt történő főzés során a toll liszt termékek esszenciális aminosavainak emészthetősége drasztikusan romolhat, ez kellő odafigyelést igényel. A **vérliszt** magas lizin és metionin tartalma miatt megfelelő kiegészítő fehérjeforrás a növényi eredetű fehérjeforrások mellett. Mindazonáltal a vérliszt izoleucin tartalma rendkívül alacsony, így oda kell figyelni a tápok megfelelő aminosav tartalmára. Ezen felül a szárítás során nagyon fontos az alkalmazott hőmérséklet, ami kölcsönhatásban van a fehérje emészthetőségével. Különösen a lizintartalom és biológiai hozzáférhetőség csökken a hőmérséklet emelésével. A baromfi liszt- és tollfehérje hidrolizátum alkalmas foszforforrás lehet a haltakarmányokban. A vérliszt nagyon magas vas koncentrációja a tápok pro-oxidatív állapotára gyakorolt hatása miatt érdemel figyelmet (NRC, 2011).

A **baromfi húsliszt** az egyik legígéretesebb halliszt kiváltását szolgáló alapanyag, amely a baromfifeldolgozás során keletkező emberi fogyasztásra alkalmatlan hulladékból állítanak elő (Abdel-Warith et al., 2001; Nagy et al., 2017). Magas fehérje és alacsony hamutartalma miatt számos kutatás középpontjába került, azonban az aminosav profilja miatt érdemes mesterséges aminosav kiegészítést alkalmazni a keveréktakarmány készítés során (Fowler, 1991; Shapawi et al., 2007; Sealey et al., 2011; Badillo et al., 2014).

3.2.3 Rovarfehérjék

2017. július 1-jétől kezdve engedélyezett egyes rovarfajok alkalmazása a vízi élőlények takarmányozásában (2017/893 EK rendelet). A rovarok potenciális élelmiszer és takarmány alapanyagnak tekinthetőek, ugyanis ideális tápanyag összetétellel rendelkeznek (Rumpold & Schlüter, 2013). A rovarok gyorsan kifejlődnek és szaporodnak, és mivel változó testhőmérsékletűek és biológiai hulladékokon eltarthatók, ezért magas a takarmány-hasznosítási rátájuk.

A rovarok nagyszerű minőséget képviselnek, melyet mi sem mutat jobban, mint az hogy számos állat fogyasztja őket. A rovarok zsákmányként szolgálnak a madaraknak,

hüllőknek, kétéltűeknek, halaknak és az emlősöknek is (ebbe beleértve az embert). Ezen kívül néhány ragadozó növény is fogyaszt rovart. Néhány halfaj, így például a pisztráng és a lazac képes a vízből kiugrani és elkapni a repülő rovarokat. A FAO jelentés szerint pedig a rovarok 2 milliárd ember természetes táplálékaként is szolgálnak. Az evolúció során a rovarok is kénytelenek voltak védekező mechanizmusokat fejleszteni: egyesek toxikus vegyületeket bocsátanak ki, mások ultra intenzív reprodukciós ciklussal rendelkeznek, mások pedig fejlett immunrendszert alakítottak ki (van Huis, 2013).

Az állatok közül a rovaroknak a legnagyobb a diverzitása a Földön. Több rovarfaj ismert, mint növény vagy gombafaj. A rovarok szinte minden kontinensen jelen vannak, egyesek bámulatos képességekkel bírnak.

A rovarliszt felvevő piaca megegyezik a hallisztével. Elsősorban az akvakultúra és a haszonállat takarmányozás során alkalmazzák ezeket az alapanyagokat, de gyakran előfordulnak a társállatok számára gyártott keverék takarmányokban is (Mézes, 2018a). A rovarliszt takarmányozási célú alkalmazásának legfőbb feltétele a megfelelő mennyiségben történő előállítás. A tömegtermelésben rejlő legfőbb veszélyek az inszekticidek, nehézfémek, toxinok bioakkumulációja, amelyek a szubsztrátok által kerülhetnek be, emiatt fontos, hogy azok ellenőrzött körülményekből származzanak (Mézes, 2018a).

A megfelelő mértékű halliszt kiváltás eléréséhez – növekedés, lassulás, negatív egészségre gyakorolt hatások nélkül – különböző technológiákat vethetünk be, úgymint szárítás, zsírtalanítás, szubsztrát manipulálás, termelési technológiák fejlesztése, antioxidáns kiegészítés (Henry et al., 2015). Ezáltal javíthatjuk a tápanyag összetételt, az emészthetőséget és csökkenthető a potenciális toxinnal való szennyeződés.

A rovarok potenciális élelmiszer és takarmány alapanyagnak tekinthetőek, ugyanis ideális tápanyag összetétellel rendelkeznek (Rumpold & Schlüter., 2013). A legtöbb rovar nyers fehérje tartalma 35-60 % közé esik szárazanyagra vetítve. A legalacsonyabb fehérje tartalommal a pálmafúró ormányosbogár (*Rhynchophorus ferrugineus*) (35 %) és a fekete katonalégy lárva (*Hermetia illucens*) (36-42 %) rendelkezik. Az egyenesszárnyúak (*Orthoptera*), a mediterrán szöcske (*Heteracris littoralis*) és a házi tücsök (*Acheta domestica*) nyers fehérje tartalma ideális esetben közel megegyező szinten van a halliszttel (73-74 %). A rovarok aminosav összetétele fajonként igen változó. A kétszárnyúak (*Diptera*) aminosav profilja hasonlít legjobban a hallisztéhoz, az egyenesszárnyúaké (*Ortoptera*) és a bogaraké (*Coleoptera*) kevésbé, azonban még így is kedvezőbb, mint a szójaliszté (Looy et al., 2013).

A rovarok nyerszsír tartalma a jóval magasabb (20 %), mint a halliszt (8,2 %) vagy a szójaliszt (3,0 %) zsírtartalma. Magas értékeket a keleti vándorsáskánál (*Locusta migratoria*), a házilégy lárvánál (*Musca domestica*), és a közönséges lisztbogár (*Tenebrio molitor*) esetében mérték (30-30 %). Előfordul azonban még ennél is magasabb zsírtartalommal rendelkező (38 %) faj, a gyászbogár lárva (*Zophoba morio*).

A rovarok nagyobb mennyiségben tartalmaznak n-6, többszörösen telítetlen zsírsavat, mint a halliszt, azonban kevesebbet, mint a szójaliszt (Makkar et al., 2014). Az n-3 többszörösen telítetlen zsírsavak esetében a rovarok, úgymint a szójaliszt kevesebbet tartalmaznak a hallisztnél. Az EPA és a DHA a szárazföldi rovarok közül csupán a latrina dongólégyben (*Chrysomya megacephala*) és a kék dongólégyben (*Calliphora vicina*) található meg 1,3 és 1,5 %-ban, mely messze alulmarad a hallisztben található mennyiségtől (Barroso et al., 2014).

3.2.4 Makro- és mikroalgák

Az algák minőségi fehérjében, vitaminokban, mikroelemekben, karotinoidokban, többszörösen telítetlen zsírsavakban gazdagok, emiatt váltak potenciális takarmány alapanyag forrássá (Yaakob et al., 2014). A **mikroalgák** képesek szaporodni majdnem minden földi környezeti körülmény között, jelentse az Skandinávia fagyott talajait vagy a Szahara sivatagját, úgy az édes és sós vizeket egyaránt (Safi et al., 2014). Rendkívüli biodiverzitással rendelkeznek, közel 40.000 leírt fajjal (Hu et al., 2008). A mikroalgák rendkívül figyelemreméltók költséghatékony antioxidáns termelésüknek köszönhetően. Mindez a nagy karotenoid akkumulációs képességüknek köszönhető, amely energia szükségletét a Napból nyerik, illetve elsődleges szubsztrátjuk a szén-dioxid. Tagadhatatlan, hogy a többszörösen telítetlen zsírsavak (PUFA) alternatív, természetes forrása a mikroalgák. A tengeri mikroalgák szignifikánsan több DHA-t tartalmaznak az édesvízi fajokhoz képest (Harun et al., 2010). A *Crypthecodinium cohnii* egy nem fotoszintetizáló, tengeri dinoflagelláta, amely túlnyomórészt DHA-t termel. Zsírsav tartalmának 30-50 %-a DHA, amely könnyen szeparálható. Ennek következtében rendkívül ígéretes a piac számára. Hasonló a *Schizochytrium mangrove* 33-39 %, az *Amphidium caryerea* és a *Thrautocytrium aureum*, amelyek 17 és 16,1 % DHA-t foglalnak magukban az összes zsírsav tartalmukra vonatkoztatva. A *Nannochloropsis sp*. és a *Pavlova lutheri* fajok a magas EPA tartalmuk miatt fontosak (Chini Zittelli et al.,

2003). ω-6 zsírsavban (γ-linolénsav) gazdag faj az *Arthrospira platensis* (De Jesus Raposo et al., 2013).

A **makroalgák** a szárazföldi növényi takarmány összetevők egyik lehetséges alternatívája, melynek előnye azokhoz képest, hogy termesztésükhöz nincs szükség szárazföldre, édesvízre és drága termelésfokozó szerekre. A makroalgák az akvakultúra termelés 30%-át teszik ki, mely biomasszát tekintve évente 30 millió tonnát jelent éves szinten (Ferdouse et al., 2018). Ezen belül a legnagyobb részben termelt fajok az *Eucheuma* fajok, *Laminaria japonica*, *Gracilaria* fajok, *Undaria pinnatifida*, *Kappaphycus alvarezii* és a *Porphyra* fajok (Fleurence et al., 2018). A termelésük koncepciója az, hogy a víztestben oldott formában lévő szervetlen nitrogént és foszfort építik be a szervezetükbe, ezáltal válnak fehérjeforrásokká (Hua et al., 2019). Ezeknek a tápanyagoknak a hasznosításával csökkenthető az elfolyóvizek környezetterhelése is (Cole et al., 2016). Magas víztartalmuk (65-94%) miatt felhasználásukat valamilyen szárítási technológiának kell megelőznie, amely növeli az előállítás költségét, illetve az értékes hőérzékeny tápanyagok degradálódhatnak (Wan et al., 2019). Ennek következtében csak a természetes szárítás biztosította területeken termeszthető költséghatékonyan. A nyersfehérje tartalom erősen fajfüggő, illetve évszakonként is változhat (3-47% száraz anyagra vonatkoztatva) (Fleurence, 1999). Az aminosavak minőségi és mennyiségi eloszlása egy-egy algafajtól eltekintve megfelelőnek mondható (Wan et al., 2019). Gazdag omega-3 tartalma miatt a makroalgák előnyös haltakarmány alkotók (Norambuena et al., 2015).

3.2.5 Egy-sejt fehérjék (single cell proteins - SCP)

Az „egy-sejt fehérje” (SCP) kifejezés az olyan mikroorganizmusok sejtjeiből kinyert fehérjét (pl. élesztő, gomba, alga vagy baktérium) jelöli, melyeket a szintézis során különböző szénforrásokon növesztenek (Ritala et al., 2017). Az SCP termelésének számos előnye van más fehérjeforrásokkal szemben, mint például a jelentősen rövidebb duplikációs idő, a kis területigény, és az a tény, hogy az időjárási viszonyok nem befolyásolják (Garcia-Garibay et al., 2015). Tanulmányok alátámasztották, hogy bizonyos élesztők, pl. *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida utilis* és *Kluyveromyces marxianus* kedvező aminosav-összetétellel rendelkeznek és jó fehérjeforrást jelentenek (40-50%) (Shurson, 2018). Ezenkívül az élesztőknek számos más előnyös hatásuk van a halakra, mivel takarmány összetevőként alkalmazva növelik a súlygyarapodást, stimulálják a

védekező képességet és az emésztőenzimek működését (Carvalho et al., 1997; Kiron, 2012; Pohlenz & Gatlin, 2014). A β-glükánokat, melyek közül a β-1,3 és 1,6 glükán a legfontosabb, a *Saccharomyces cerevisiae* sütőélesztő sejtfalából nyerik ki (Meena et al., 2013). Az általánosan használt prebiotikumokat, a mannanoligoszacharidokat (MOS) is a *Saccharomyces cerevisiae*-ből nyerik ki, melyeknek jótékony hatása van a bélrendszer egészségére (Merrifield et al., 2010). Az alacsony értékű, nem élelmiszer jellegű lignocellulóz-alapú biomasszából kinyert élesztő egy lehetséges fenntartható fehérjeforrása lehet haltakarmányoknak (Kumar et al., 2008; Øverland & Skrede, 2017). Az SCP előállítható erdőipari termelési hulladékból is. Az erdészeti alapú nyersanyagoknak fehérjében gazdag haltakarmány-összetevővé átalakítása egy ígéretes koncepció (Alriksson et al., 2014). Bizonyos hulladékanyagok, pl. hulladékzöldségek, hulladékgyümölcsök, élelmiszer-hulladékok és alkoholgyártási maradékok fermentálhatók mikrobákkal (Wadhwa & Bakshi, 2016).

3.3 A haltakarmányozás kihívásai

Az összetett takarmányok tápértéke az egyes összetevők emészthetőségétől függ, azonban az azok közti lehetséges kölcsönhatásokat és az egyes emészthetőség értékek additivitását is figyelembe kell venni. Ideális esetben egy takarmány tápértékének kifejezhetőnek kell lennie annak emészthető fehérje (DP) és emészthető energia (DE) értékei alapján (Wilson & Poe, 1985). Számos kutató számolt be a halak számára nem megfelelő magas növényi olajtartalmú takarmányokról (Fountoulaki et al., 2009).

Amikor a haltenyésztőknek ki kell dolgozniuk egy takarmány receptjét, figyelembe kell venniük, hogy egyrészről az összetevők kellően olcsóak legyenek, másrészről jó minőségű pelletet kell készíteniük, mellyel magas növekedési ütem érhető el. Tehát, a kidolgozási eljárás magába foglal egy optimalizálási lépést is a takarmánygyártók részéről.

A matematikában egy optimalizálási probléma megoldásához definiálni kell egy objektív függvényt, melynek a minimum és maximum értékét meg kell határozni, a döntési változókat és a megkötéseket. A mezőgazdasági ágazatban a termelőt érintő legfontosabb objektív függvény a költség és profit; a döntésváltozó a gyártási folyamatban felhasznált nyersanyagok mennyiségei (a termelő eldöntheti, hogy mekkora munkaerőt, mennyi takarmányt, műtrágyát stb. kíván felhasználni); a megkötések pedig a biológiai, technológiai és gazdasági korlátok/követelmények melyekkel a termelő

szembenéz. Mindezek teljesüléséhez a jól megtervezett és összeállított takarmányok használata elengedhetetlen (Hancz, 2020).

Az édesvízi mindenevő fajok egy másik előnye (pl. pontyok, tilápiák és harcsák), hogy alternatív fehérjeforrások alkalmazásával magasabb ízletesség és emészthetőség érhető el számos (tengeri) húsevő fajhoz képest (Li & Robinson 2015). Az akvakultúrákban és állati takarmányokban a halliszt és halolaj bekeverési szintek csökkenő tendenciát mutatnak az elmúlt években (FAO 2019).

3.3.1 A halliszt

A halliszt (FM) és halolaj (FO) könnyen emészthető termékek, melyeket műtrágyákban és állati takarmányokban használnak (López-Mosquera et al., 2011). A halliszt egy durvára őrölt por, melyet feldolgozott halak húsából állítanak elő (Miles & Chapman, 2015). Habár korábban műtrágyaként volt nagyobb jelentősége, a hallisztet ma elsősorban állati takarmányokban használják fel. A halliszt és halolaj fő forrását bizonyos olajos halfajok képezik, mint például a menhaden (*Brevoortia* és *Ethmidium* nem fajai), szardellafélék (*Engraulidae*), heringfélék (*Clupeidae*) és szardíniafélék (*Sardinae*). Az első haltakarmányt előállító gyárakat a 19. század végén létesítették, majd ezután indult az ipar fejlődésnek. Az 1940-es években a takarmánygyártók komplett félszáraz hallisztet tartalmazó takarmány-keverékeket állítottak elő. Ennek során problémát jelentett a betegségeket eredményező kórokozók átvitele, amely a halállományokat is érintette. Az extrudálás a legújabb fejlesztés a pellet haltakarmány előállításában. Ezeket a pelleteket nedves keverékből (nedvességtartalom: 20-24%) sajtolással állítják elő, majd addig szárítják, míg a nedvességtartalom 10%, vagy az alá esik. A modern akvakultúra fejlődése során az 1970-es évektől kezdődően a halliszt és a halolaj a takarmányok alapvető részeit képezték. Ezeket a kiegyensúlyozott tápanyagtartalmú takarmányokat úgy állítják elő, hogy a tenyésztett fajok igényeinek megfelelően hozzájáruljanak azok gyors növekedéséhez, egészségükhöz és jólétükhöz. A túlhalászásnak, illetve a klímaváltozásnak a halliszt előállítását érintő negatív hatásai miatt aggályok merülnek fel (Soliman et al., 2017). A haltakarmány ára akár 50%-át is kiteheti a haltenyésztés teljes költségének, emellett a takarmányozás igényli a legalaposabb tervezést, figyelmet és ellenőrzést (Rana et al., 2009). A FM ára 2030-ra reálértékben 29%-kal fog növekedni (OECD/FAO, 2017). Ha egy akvakultúrában a vadon élő halak felhasználása halliszt vagy halolaj formájában nagyobb mértékű a termelt mennyiségénél, akkor az akvakultúra

nettó fogyasztója a halaknak és nem nettó termelője, ami nem fenntartható (Hardy, 2010). Jelenleg számos tanulmányt végeznek a haltakarmányokban a FM részleges vagy teljes helyettesítéséről (Kaushik et al., 1995; Montero et al., 2003 és 2005; Moutinho et al., 2017; Webster et al., 1992b).

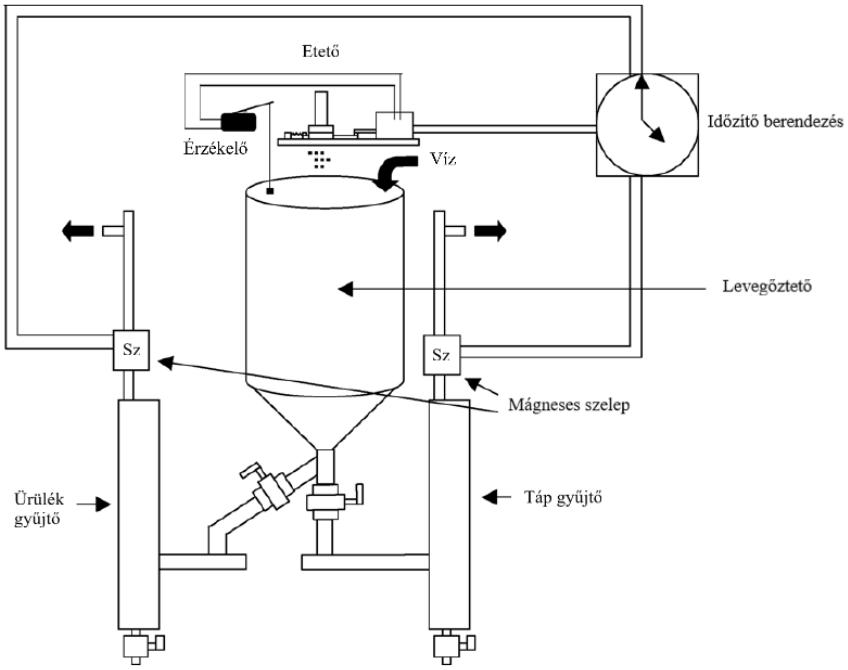
Az akvakultúra-ágazat folyamatos növekedése (évente kb. 8%) során a rendszerek egyre intenzívebbé váltak. Intenzív gazdálkodásban a halakat nagy állománysűrűséggel tartják, ezért különösen nagymértékben függenek a biztosított takarmánytól. Az elmúlt évtizedekben az akvakultúra ipar egyre hatékonyabb lett, mely kihatással volt a természetes nyersanyagok felhasználására, a környezeti hatásokra és a társadalmi megítélésre. A halliszt árának növekedése, gyengébb minősége, csökkenő elérhetősége és a kiegyensúlyozatlan rendelkezésre állás a FM más forrásból való részleges vagy teljes helyettesítésének igényét vetítette előre. A haltakarmányozási iparnak felelősen kell eljárnia a FM alternatívák alkalmazásának vonatkozásában. A tudósok összefogása szükséges a fenntartható, költséghatékony célok eléréséhez. Az akvakultúra fenntarthatóságának indikátorai az energiahatékonyság, vízfelhasználás, tápanyaghasznosítás és a termelési költségek lehetnek. A klímaváltozás ezt az ágazatot is érinti, például az óceáni áramlatok változásaiban jósolt változások negatívan befolyásolhatják a FM termeléshez felhasználható kisméretű nyílt tengeri halállományokat.

Amikor a haltáp fehérje- és olajtartalmát állati forrásról növényi eredetűre cseréljük, a tápanyag összetétel megváltozik, különösen a mikroelemek aránya. A szárazföldi növényeket érintő mikotoxinok, illetve más betegségek megjelenése a potenciális alternatív összetevők rendelkezésre állását csökkenthetik. A nem tengeri eredetű takarmány-összetételek kidolgozását célzó befektetéseknek és kutatásoknak köszönhetően ezek is biztosíthatják a halak növekedéséhez a megfelelő tápanyagokat, azok egészségének együttes megőrzésével. Az elmúlt évtizedben jelentős előrelépés született a tenyésztett halak takarmányában felhasznált FM szintjének csökkentésében.

3.3.2 Az alternatív takarmány alapanyagok emészthetőségének vizsgálata

Az egyes haltakarmány alapanyagok értékelésének egyik legfontosabb aspektusa az emészthetőség vizsgálata. A nyersanyagok emészthetőségeinek értékelésével számos tanulmány foglalkozik.

Az összetett takarmányok és azok tápanyagainak emészthetőség mérésének első lépése az ürülék gyűjtése. Vízi élőlények esetében a legnagyobb problémát az ürülék vízben való szétszóródása és annak megmaradt táppal történő keveredése jelenti. Ezen okok miatt a megfelelő mennyiségű ürülék begyűjtése nehéz feladat. A felsorolt okok miatt közvetlen gyűjtési módszert nagyon ritkán alkalmazzák. Sokkal inkább bevett gyakorlat az indirekt módszer alkalmazása, mely során a tápba inert markert kevernek (Hancz & Varga, 2017). A látszólagos emészthetőségi együttható a kontroll takarmány és a kísérleti takarmányban mért alapanyagok, illetve az ürülékben lévő alapanyagok arányának számolásával határozható meg (1. és 2. képlet). A legtöbbet alkalmazott ilyen, a hal számára emészthetetlen indikátor a króm (III)-oxid (Cr_2O_3), azonban használnak radioaktív izotópokat (^{44}K, ^{144}Ce, ^{32}P), fém-oxidokat (Fe_2O_3, TiO_2), ásványisókat ($BaSO_4$, $BaCO_3$, CuSCN), természetes és mesterséges szinezékeket (kármin, metilénkék), szintetikus részecskéket (kova, polietilén) és lehetnek a tápok természetes komponensei is (hamu, nyers rost, cellulóz) (Jones & De Silva, 1997). Napjainkban azonban a legtöbbet használt inert marker az ittrium-oxid (Y_2O_3), mivel annak egy nagyságrenddel kisebb mennyisége is elegendő a króm -oxidhoz képest (Austreng et al., 2000).



1. kép Módosított Guelph-rendszer (Velázquez & Martínez, 2005)

A kutatók számos technikát, rendszert alkalmaztak már a fécesz gyűjtésére, azonban a fent említett kritériumoknak és a praktikusságnak is eleget téve három módszer terjedt el igazán. A hal ürülékének automatikus gyűjtését 1982-ben Cho, illetve Choubert

et al alapozták meg az ún. Guelph-rendszerrel. Mai napig ez a rendszer, illetve ennek a továbbfejlesztett változatai a legelterjettebbek (1. és 2. kép)

Nagyobb méretű halaknál elterjedt a „stripping” módszer, mely szerint préseléssel gyűjthető az ürülék. Ez azonban rendkívül megterhelő, stresszes állapotot idéz elő a halaknak (Windell et al., 1978). A harmadik legelterjedtebb módszer szerint, a halak felboncolása által közvetlen gyűjthető a bél traktus utolsó harmadából az ürülék (Austreng, 1978).

2. kép Emészthetőségi vizsgálatra használt ürülékgyűjtő kádak - HCMR, Athén (saját fotó)

Az alkalmazott keverék takarmányok látszólagos emészthetőségi értékének (ADC) számolását 1982-ben Cho et al írták le (1. képlet). Az emészthetőségi vizsgálatok során rendre a kísérleti táp a kontroll tápot tartalmazza 70 %-ban és 30 %-ban pedig a tesztelni kívánt alapanyagot. A 2. képlet alapján számolható a teszt alapanyagra vonatkozó ADC.

$$ADC_{táp} = 100 - \left[\left(\frac{\%\ indikátor\ a\ tápban}{\%\ indikátor\ a\ féceszben}\right) \times (\%\ tápanyag\ a\ féceszben\ \times\ 100)\right]$$

1. képlet: A takarmány látszólagos emészthetőségi együtthatójának számolása (Cho et al., 1982)

$$ADC_{teszt\ alapanyag} = ADC_{kísérleti\ táp} + \left[\left(ADC_{kísérleti\ táp} - ADC_{kontroll\ táp}\right) \times \left(\frac{0{,}7 \times tápanyag\ \%_{kontroll\ összetevő}}{0{,}3 \times tápanyag\ \%_{teszt\ alapanyag\ összetevő}}\right)\right]$$

2. képlet: A teszt alapanyag látszólagos emészthetőségi együtthatójának számolása (Bureau et al., 1999)

3.3.3 Élelmiszerbiztonsági kockázatok

A klímaváltozásnak komoly hatása van az élelmiszereken keresztül az emberi egészséget veszélyeztető káros vegyületek képződésének gyakoriságára. Ezekkel a nem kívánt szennyeződésekkel egyre gyakrabban találkozunk a teljes élelmiszerláncban, az elsődleges termeléstől kezdve a végtermékekig. Számos úton hat a klíma az élelmiszertermelésre. Elsősorban a szélsőséges időjárási jelenségek, úgymint a nagy hőség, hirtelen lezúduló nagy mennyiségű csapadék, az óceánok felmelegedése és a szennyezőanyagok transzport útvonalának megváltozása mind-mind hat az élelmiszerek minőségére. A klímaváltozás mindezek által társadalomra és a gazdaságra is hatással van. Változnak a mezőgazdaságban, állattenyésztésben alkalmazott technikák, ami hatással van a nemzetközi kereskedelemre, az árakra, a demográfiára, az emberek viselkedésére (Tirado et al., 2010).

A környezetváltozás nem minden mikotoxin termelő gombafajra hat azonos módon és mértékben. Egyes fajok számára kedvező, másokra pedig negatív hatással lesz. Ezáltal egyes fajok visszaszorulnak, mások pedig előtérbe kerülnek. Az *Aspergillus flavus* növekedéséhez és a toxintermeléshez az ideális hőmérséklet 28 °C és 37 °C között van. Az *Aspergillus* fajok a földben lévő növényi maradványokon könnyen megtelepszenek, spórákat termelnek, amelyek a széllel eljutnak a kukoricacsövekhez, és megfertőzik azt. Az Európai Élelmiszer-biztonsági Hatóság (EFSA) honlapján 2012-ben megjelent modellszámítások szerint, ha az átlaghőmérséklet +2 °C-kal nő, akkor a kukorica aflatoxin szennyeződésének kockázata a dél-európai régióban nagymértékben, míg hazánkban mérsékelten növekszik. A többi gabona aflatoxin szennyeződésével a tanulmány szerint egyelőre hazánkban nem kell számolni (Battilani et al., 2012).

A vízi élőlényeket érzékenyebben érintik a környezeti változások, mivel közvetlen, meg nem szűnő kapcsolatban vannak a vízzel, annak fizikai-kémiai tulajdonságaival, ezáltal a vízi ökoszisztémák sokkal sérülékenyebbek (Parry et al., 2007; Anater et al., 2016). A természetes vizek azonban számos más veszélyforrást is rejthetnek

a halak számára, úgymint nehézfém-szennyezők, xenobiotikumok, stb. (Kovacik, 2017; Sándor et al., 2012)

A **mikotoxinok** a penészgombák másodlagos anyagcsere termékei, széles körben elterjedt mikroszennyezők, amelyek kiemelt figyelmet érdemelnek rendkívül súlyos akut és krónikus humán és állati egészség-károsító hatásuk miatt (Bezerra da Rocha et al., 2014). A növények és termányeik penészgombával történő fertőződése a mezőgazdaság régóta ismert problémája (Steyn, 1995). A gabonafélék penészgombákkal való fertőződése és mikotoxin szennyezettsége jelentős mértékben függ a fajtától, az időjárástól, az alkalmazott agrotechnikától, ebbe beleértve a növényvédelmi technológiát is. A különböző penészgombák jelenléte a terméshozamot és a termények értékesíthetőségét csökkenti, ezzel jelentős veszteséget okozva (Marin et al., 2013). Tekintettel arra, hogy a penészgombák egy része már a termesztési területen fertőzi a növényt, így a gomba és az általa termelt mikotoxinok jelenlétével már a zöld növényi állomány esetében is számolni kell. Előfordulhat továbbá a penészgombákkal való fertőződés, és a mikotoxin termelés a tartósítás - szilázs, illetve szenázs készítés - során is, többnyire a nem megfelelő higiéniai állapot, például talajjal való szennyeződés, vagy a technológia miatt.

A legtöbb mikotoxin immunszupresszív hatású, egyesek karcinogének, hepatotoxikusak, nefrotoxikusak vagy neurotoxikusak (Marroquín-Cardona et al., 2014). Számos negatív hatásuk miatt az egész világon szigorú határértékeket szabtak meg a takarmányokban és az élelmiszerekben való jelenlétük mértékére vonatkozóan. Jelenleg körülbelül 400 mikotoxint ismerünk, de ezek közül csak 70 bír tényleges jelentőséggel. A legfontosabb mikotoxinok: aflatoxinok, trichotecének, fumonizinek, zearalenon, ochratoxin és az ergot alkaloidok (Grenier & Oswald, 2011).

A mikotoxinok nagy kockázatot jelenthetnek számos halfaj, például a ponty, tilápia, szivárványos pisztráng esetében (Greco et al., 2015; Pietsch et al., 2015, 2014; Tola et al., 2015). A haltakarmányokban használt egyes alapanyagok, mint a szója, a búza és búzakorpa, a rizsliszt, az árpa esetében a mikotoxin jelenlét alacsonyabb.

A takarmányok minőségellenőrzése során évi több ezer mintát vizsgálnak különböző toxin tartalomra, pl.: Biomin Mycotoxin Survey. A mikotoxinok közül az akvakultúrában az *Aspergillus flavus* és az *A. parasiticus* törzsek által termelt aflatoxin jelenlétének van kiemelt jelentősége úgy a halak és egyéb vízi szervezetek, mind a humán egészség szempontjából.

A mikotoxinok jelen vannak a DDGS-ben, amennyiben a kiindulási gabonamag alapanyag szennyezett volt, azok ugyanis az etanolos fermentáció során nem bomlanak le, sőt abszolút mennyiségük a DDGS-ben 2-3 szorosára nő, emiatt mikotoxin szennyezettség szempontjából magas kockázatú alapanyagnak számít (Pietsch, 2020).

Az *Aspergillus* fajok előfordulása a trópusi és szubtrópusi területeken a legnagyobb, ezért ezekről a vidékekről származó termények **aflatoxin** szennyezettsége is sokkal gyakoribb. A globális felmelegedés hatására azonban már hazánk területén is megjelent. A kukorica aflatoxin szennyezettsége világszerte nagy jelentőségű, mivel a kukoricát nagy mennyiségben termesztik takarmányozási és étkezési célra egyaránt. A kukorica *Aspergillus flavus* betakarítás előtti fertőződéséhez leginkább a magas hőmérséklet, a virágzás alatt lehullott csapadék, a későbbi szárazság, valamint a rovarfertőzöttség járul hozzá. A penészgomba fertőzés és a toxintermelés a kukorica helytelen tárolása, kezelése esetén a raktározás során is kialakulhat, illetve folytatódhat (Pitt et al., 2013).

Az állatok szervezetébe az aflatoxin a takarmánnyal kerül be. Halak esetében reaktív oxigén szabadgyökök képződnek a májban (Kövesi et al., 2018). Aflatoxin M1 formájában, a tejelő tehenek esetében a tehéntejben lehet számítani, húsban és tojásban azonban általában csak elenyésző mennyiségben mutatható ki, és csak abban az esetben, ha az állatok által fogyasztott takarmány a vágást megelőzően vagy a tojástermelés időszakában szennyezett volt (Szabó & Csáki, 2013). Érdemes megemlíteni a sterigmatocisztint is, amely molekulájának struktúrája nagyon hasonlít az aflatoxinéhoz, ugyanakkor a takarmányokra vonatkoztatva nincs megállapítva maximális határérték, viszont számos takarmány alapanyagban kimutatható és a halakra is káros hatással van (Kövesi et al., 2019).

A **fumonizin** (FUM) a kukoricában az egyik leggyakrabban előforduló mikotoxin, amelyet a *Fusarium verticillioides* és a *F. proliferatum* gombafajok termelnek (Bowers & Munkvold, 2014). A gazdasági haszonállatok közül a legérzékenyebbek a fumonizinre a sertések, amelyeknél kismértékű szennyezés esetén csökkent tömeggyarapodás, nagymértékű szennyezésnél pedig tüdőödéma, okoz bevétel kiesést a termelőknek. Károsító hatását sertéseknél a májban, illetve a tüdőben fejti ki.

A **deoxinivalenol** (DON vagy vomitoxin) mikotoxint elsősorban a *Fusarium graminearium* gombafaj termeli, azonban földrajzi elhelyezkedéstől függően a *Fusarium culmorum* is termelheti. Gyakran együtt jelenik meg a zearalenonnal (ZEA), mivel ugyanaz a mikroorganizmus termeli mindkettőt. A DON az ún. B-típusú trichocetének

közé tartozik (Richard, 2007). A gombaspórák az előző termő szezonból maradnak a termőföldön és az új kelést, majd termést támadja meg. Rendkívül jól tűri a hideget és a nedvesség tartalom szélsőséges változását. Megfelelő tárolás esetén (a kukorica víztartalma ≤ 14%), valamint a raktározás során a kártevő rovarok kontrollálása mellett további megjelenése nem valószínű. A sertések a leginkább érzékenyek a DON jelenlétére, amelynek hatására takarmány visszautasítás, majd súlyosabb esetekben hasmenés és hányás tapasztalható. Amennyiben DON-nal szennyezett kukoricát fogyasztanak a sertések, akkor a fenti tünetek mellett immunszupresszív és májkárosító hatású.

Ahogyan korábban említettem, a **zearalenon** a DON-nal együtt jelenhet meg, azok közös eredete miatt (*Fusarium graminearium*). Kémiailag fenol-rezorcilsav lakton, amelynek toxicitása alacsony, azonban erős ösztrogén hatása miatt súlyosabb szaporodásbiológiai problémákat okoz.

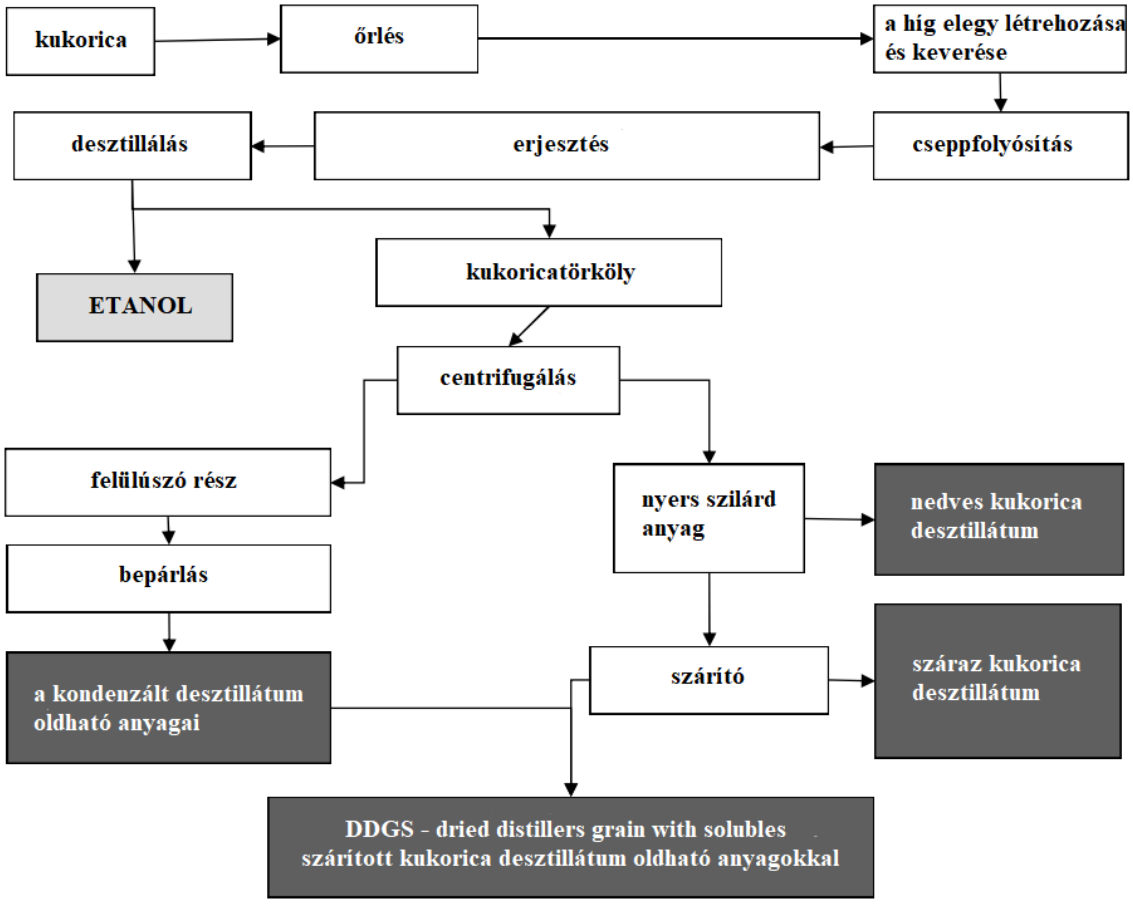
A **T-2 toxin** az ún. A-típusú trichotecének közé tartozik. Termelődéséért elsősorban a *Fusarium sporotrichioides* felelős. Ugyanezen faj termeli a T-2 toxin fő metabolitját, a **HT-2 toxin**t, továbbá a **diacetoxiszcirpenol**t is. Ez a toxin a termelődik a legszélesebb hőmérsékleti tartományban, 6-24 ^{o}C között. A penészgomba jelenléte jól látható a kukoricán, mivel annak világos rózsaszín elszíneződését idézi elő. Megfelelő tárolás során, alacsony nedvességtartalmú kukoricaszemek esetén, a rovarkárok megelőzése mellett az említett gombafaj nem képes növekedni, szaporodni és mikotoxint termelni. A T-2 toxin és más trichotecének fő hatása, hogy gátolják a fehérjeszintézist, ebből következően pedig a DNS és RNS szintézist is megzavarják. Mindezek következményeképpen takarmány visszautasítás, a bőrön és a bálcsatornában felmaródások, az immunválasz készség csökkenése, és súlyosabb esetben elhullás is bekövetkezhet. Halak esetében kevésbé súlyos károkat okozott a T2-toxinnal fertőzött takarmány etetése (Pelyhe et al., 2016).

Európai viszonyok között gyakran előfordul az *Aspergillus* és *Penicillium* fajok által termelt **ochratoxin**, amelynek származékai közül az előfordulás gyakorisága és a takarmányokban mért koncentrációja szempontjából egyaránt az ochratoxin A (OTA) a legjelentősebb. Miután az állati eredetű élelmiszerekben, a májban, a tojásban és a tejben egyaránt kimutatható, hazai körülmények között is fontos élelmiszerbiztonsági kockázatot jelent. Az OTA akkumulálódhat az emberi szervezetben is súlyos fokú vesekárosodást előidézve. Legnagyobb mennyiségben a májban és a vesében található. Felezési ideje 35 nap, ami miatt a fogyasztását követően tartósan kimutatható a vérből (Dublecz, 2011).

3.4 A DDGS, mint alternatíva

Hagyományosan a bioetanolt kukoricából vagy búzából állítják elő nedves vagy száraz eljárással (USGC, 2012). Kukorica esetében a száraz őrlést alkalmazzák, annak költség- és energia hatékonysága miatt. A száraz őrléses eljárás során a kukorica őrleményt vízzel keverik, majd enzimek hozzáadása után főzik amikor átalakul a keményítő cukorrá. Többek között emiatt használják a kukoricát alapanyagként, mert az alternatíváihoz (búza, árpa) képest az tartalmazza a legtöbb keményítőt. Ezután élesztőt adnak a cukor fermentálásához, majd ledesztillálják az elegyet, amelynek során etanol és a kukoricatörköly keletkezik (2. ábra). A szárazanyag (szeszmoslék) a centrifugálás és szárítás után melléktermékként keletkezik (DDGS - Dried Distiller's Grain with Solubles), amely a takarmányipar számára alkalmas, közepesen nagy nyersfehérje, magas nyerszsír és jól hasznosítható foszfor tartalommal rendelkezik. A Pannonia Bio Zrt. Dunaföldváron kukoricából előállított DDGS termékének beltartalmi összetételét a 25.táblázat szemlélteti. Az aminosavak közül a lizinre, a metioninra, a triptofán, és a treoninra érdemes odafigyelni a DDGS-re alapozott összetett takarmányokban, ugyanis ezek az egyéb alternatívákhoz képest kisebb mennyiségben vannak jelen.

Az etanol gyártás során a kukorica keményítőjét alakítják át a fermentációval, így a melléktermékben, azaz a számunkra érdekes DDGS-ben a tápanyagok két-háromszor koncentráltabbak lesznek (Belyea et al., 2004). A kémiai összetétel függ a gabona forrásától, a fermentálási technológiától (Belyea et al., 2010). A DDGS nyerszsírtartalma 10 % körül mozog, aminek 55,7 %-a linolsav, 7,8 %-a linolénsav, illetve 0,14 %-a DHA. Ennek eredményeképpen a DDGS omega-6:omega-3 zsírsav aránya magas. A relatíve magas PUFA-tartalom, ami leginkább linolsav a húsminőséget ronthatja lipidoxidáció révén (Heincinger et al., 2012). Az USA-ban a kukoricaolaj (DCO - Distillers Corn Oil) magas ára miatt a DDGS-ből sok üzemben kivonják az olajat (Kerr et al., 2016), ami által még változóbbá válik a piacon elérhető DDGS nyerszsírtartalma (5-10%). A DDGS előnye a többi növényi alapú takarmány alapanyaghoz képest, hogy nincsenek benne antinutritív anyagok (Makkar, 2012), ezen felül a kukorica árának 75-80%-a (Shurson, 2012).

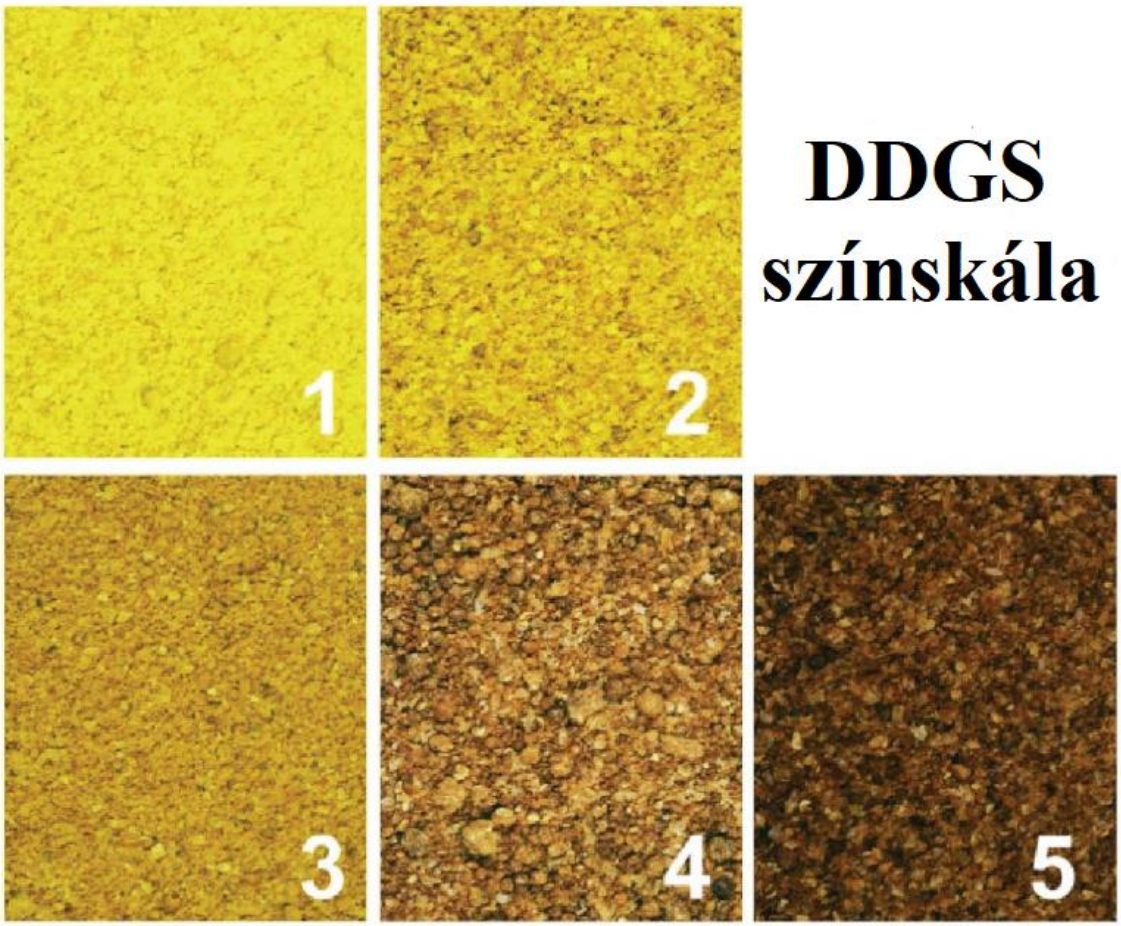


2. ábra - A DDGS előállításának folyamatábrája

25. táblázat A kísérletek során használt DDGS fontosabb beltartalmi értékei

Tápanyag	M.e.	Érték	Esszenciális aminosavak	M.e.	Érték
Szárazanyag	%	91,44	Arginin	%	2,98
Nyersfehérje	%	29,42	Hisztidin	%	0,96
Nyerszsír	%	10,19	Izoleucin	%	1,25
Nyersrost	%	10,86	Leucin	%	3,03
Nyershamu	%	4,75	Lizin	%	0,83
Keményítő	%	5,26	Metionin	%	0,6
Savdetergens rost - ADF	%	12,41	Fenilanalin	%	1,49
Neutrál detergens rost - NDF	%	47,73	Treonin	%	1,27
Foszfor	%	0,82	Triptofán	%	0,14
Kalcium	%	0,02	Valin	%	1,69
Kálium	%	1,22			
Magnézium	%	0,33			
Nátrium	%	0,22			

A DDGS fizikai tulajdonságaira is érdemes figyelmet szentelni, ugyanis az alapanyag szállítására, felhasználására hatással van például a szín, szag, folyósság, higroszkópikusság, sűrűség, szemcseméret-eloszlás (Bhadra et al., 2007; Pekel et al., 2020). Az alapanyag színéről megállapítható (3. kép), hogy megfelelő hőkezelést alkalmaztak-e a gyártás során, ugyanis a sötétbarna szín esetén csökkent aminosav (lizin) emészthetőségről (Maillard-reakció), csökkent xantofill tartalomról, a linolsav peroxidációról, ugyanakkor megnövekedett foszfor hozzáférhetőségről számoltak be a kutatók (U.S. Grains Council, 2012).



3. kép DDGS színskála

Általánosságban véve a DDGS magas rosttartalma okoz problémákat, főként magas bekeverési szint esetén. A takarmányok extrudálása során is felléphetnek problémák a pelletek fizikai tulajdonságaival kapcsolatban. Ekkor valamilyen kötő adalékanyagot célszerű a keverékbe tenni.

Az USA-ban a nedves és száraz kukorica desztillátum melléktermék legnagyobb felvevő piaca a kérődző és sertés takarmányipar (Erickson et al., 2007). A globális szinten kirobbanó hús iránti igény, a rekord gabona takarmány árak a DDGS-hez hasonló

mezőgazdasági melléktermékeket helyezik előtérbe haszonállatok takarmányozása során (Babcock et al., 2008; Clemens & Babcock, 2008).

3.4.1 A DDGS-sel végzett haltakarmányozási kísérletek tapasztalatai

A legtöbb DDGS-sel kapcsolatos takarmányozási kísérletet **nílusi tilápiával** (*Oreochromis niloticus*) végezték a kutatók. Általánosságban az eredmények azt mutatják, hogy növekedési teljesítmény gyengülés és beltartalmi változások nélkül 20%-ban bekeverhető a takarmányba a DDGS (Schaeffer et al., 2009, 2010, 2012; Wu et al., 1994, 1996b; Khalil et al., 2013; Lim et al., 2011; Gabr et al., 2013), ez az immunrendszerre kukorica és búza DDGS esetén is pozitív hatást gyakorol (Lim et al., 2007; Li et al., 2011a). Lizin és metionin kiegészítés mellett ennek a fajnak azonban akár 40-60% is bekeverhetjük a DDGS-t (Abo-State et al., 2009). Lizin és triptofán kiegészítés mellett igen magas bekeverési %-ban (77%) is jó eredmény mutatkozott (Wu et al 1997). 28%-os DDGS bekeverés mellett 150 mg/kg fitáz kiegészítés mellett jobb takarmányhasznosítási mutatókat értek el, azonban ezen koncentráció felett romlottak az eredmények (Tahoun et al., 2009). Ketrecben, óriás édesvízi garnélával (*Macrobrachiurn rosenbergii*) bikultúrában nevelt tilápiák esetén a DDGS-t kiegészítő takarmányként adva jó gazdasági mutatókat értek el, itt a pelletált DDGS etetése sem mutatott statisztikai különbséget a növekedés tekintetében (Tidwell et al., 2000).

Hibrid tilápia (*Oreochromis niloticus x Oreochromis aureus*) esetén 30%-os DDGS bekeverés mellett az optimális növekedési teljesítmény eléréséhez javasolt az állati eredetű fehérje használata is (Coyle et al 2004), míg vörös tilápia (*Oreochromis aureus x Oreochromis mossambicus)* ketreces nevelése esetén 40% bekeverés megfelelő eredményt mutatott (Suprayudi et al., 2015).

Szivárványos pisztráng (*Oncorhynchus mykiss*) esetén Cheng és Hardy (2004a) megállapította, hogy a DDGS-t lizin kiegészítés nélkül 15%-ban lehet bekeverni, ez azonban emelkedhet 75%-os halliszt kiváltásig lizin hozzáadásával. Fitáz kiegészítés tovább javította a foszfor és más fontos ásványianyag hozzáférhetőségét (Cheng & Hardy, 2004b). A magas nyersrosttartalom limitáló tényező a szivárványos pisztrángnak szánt összetett takarmányoknál, emiatt 30% DDGS tartalom fölé menni nem célszerű (Øverland et al., 2013; Welker et al., 2014).

A mindenevő **csatornaharcsával** (*Ictalurus punctatus*) végzett kísérletek során lizin kiegészítés nélkül a hallisztet és szóját 35%-ban kiváltották DDGS-sel negatív

következmények nélkül (Webster et al., 1992a; 1993a; 1993b; Li et al., 2011c), és a kórokozók általi immunválaszra is pozitív hatást gyakorolt (Lim et al., 2009). Mindazonáltal a lizin kiegészítés javasolt (Robinson & Li, 2008).

Farkassügér (*Dicentrarchus labrax*) és **sashal** (*Argyrosomus regius*) esetén két forrásból származó DDGS-t teszteltek 30% bekeveréssel, ahol tápanyag szinten is jó emészthetőségi együtthatókat kaptak (Magalhães et al 2015).

Az **aranydurbincs** (*Sparus aurata*) esetén a szója negatív következmények nélkül kiváltható 35% DDGS tartalmú takarmánnyal, ezzel a termelés is költségtakarékosabbá vált (Diógenes et al., 2019a). 30% DDGS tartalmú összetett takarmányokkal etetett, nagy sűrűség mellett tartott halak esetén a triptofán kiegészítés csökkentette a stresszérzékenységet (Diógenes et al., 2019b).

A **hibrid csíkos sügér** (*Morone chrysops* × *M. saxatilis*) a DDGS-t szignifikánsan kisebb mértékben képes emészteni, mint más alternatív fehérjeforrásokat, úgymint szójalisztet vagy baromfi húslisztet, emiatt alkalmazása nem javasolt (Thompson et al 2008; Trushenski & Gause, 2013).

A **nagy rombuszhalra** (*Scophthalmus maximus*) a 25% DDGS tartalmú összetett takarmány és a kereskedelmi forgalomban kapható enzimkomplexek együttes használata a bél mikroflóra változtatása révén javította az egyes tápanyagok emészthetőségét (Diógenes et al., 2018).

Ponty (*Cyprinus carpio*) esetén Hung (2007) számolt be egy ketrecben végzett kísérletéről, ahol 15%-os takarmányba történő bekeverés esetén nem figyelt meg takarmány visszautasítást, a kontrollhoz képest jobb volt a növekedési teljesítmény.

3.5 A magyarországi haltermelés struktúrája

2019-ben a magyarországi akvakultúra alapjának bázisát adó, üzemelő halastavak terölete mintegy 27.000 hektár volt (Kiss, 2020). Ez az adat évről-évre növekedést mutat.

Hazánkban a meglévő földmedrű halastavakat kihasználva és a hozzájuk tartozó klimatikus viszonyok mellett a pontyra alapozott polikultúrás termelés a legnagyobb mértékben alkalmazott halgazdálkodási művelet. A tavakban történő termelés hozama két részből áll, az egyik az úgynevezett természetes hozam, a másik pedig a takarmányhozam. A természetes hozam a tóban lévő plankton és bentosz fogyasztásából tevődik össze és kritikus elemét képezi ezen élő szervezeteknek a rendelkezésre állásra, mely által a halak értékes tápanyagokhoz juthatnak. Ennek a kiaknázása érdekében

sokféle szerves trágya használható, azonban annak mindenkori hatásossága a tóban való elosztás és a végrehajtás milyenségétől, a trágya lebonthatóságának sebességétől függ (Woynárovich, 2005). 2019-ben a Kiss adatai szerint mintegy 6395 tonna szerves trágyát helyeztek ki a gazdálkodók. A planktonellátottságot mennyiségi és minőségi szempontból is monitorozni, olykor a vegyszeres szelekciót kell alkalmazni (Ruttkay, 2016). A halastavakban található táplálékok sokoldalú kihasználására alkalmazzuk a kombinált népesítést, mely során a különböző halfajok szinergizmusban élnek. A természetes- és a takarmányhozam arányát megfelelően be kell állítani, amit befolyásol a korosztály és a népesítés (Tasnádi, 2005). A takarmányozás kivitelezése nagyban függ a tórendszertől, ami hazánkban lehet völgyzárógátas, körtöltéses (Horváth, 2000). 2019-ben a magyar halgazdák mintegy 50.368 tonna abrakot és 787 tonna összetett takarmányt etettek ki (Kiss, 2020).

A tavi haltermelés módszere három részre osztható: extenzív, félintenzív és intenzív. Ezekhez még társulhatnak a kombinált rendszerek, úgymint ketreces és „tó a tóban" termelés. A termelés környezetre gyakorolt hatását monitorozni szükséges, ami jogilag is szabályozott (Gál et al., 2016). Az elfolyóvízben lévő tápanyagokat környezetbarát módon újra felhasználhatjuk integrált rendszerekkel (Gál, 2006). A halastavak üzemeltetése a haltermelésen kívül számos egyéb szolgáltatást nyújt, például a vízkészlet gazdálkodás, a vízbázis minőségjavítás, természetvédelmi megőrzés, valamint a turisztika területén (Palásti et al., 2020).

Az intenzív rendszerek legnépszerűbb megoldásai a vízvisszaforgatásos (RAS - recirculating aquaculture system), illetve az átfolyóvizes rendszerek. Ezek előnyei a kisebb vízfelhasználási és területi igény, kontrollálható vízminőség, kisebb lehalászási költség. Hátránya a nagy létesítési, bekerülésiés és üzemeltetési költség. Mindezek figyelembe-vételével olyan halfajt érdemes termelni ezekben a rendszerekben, ami képes profitot hozni, például afrikai harcsa (*Clarias gariepinus*), európai harcsa (*Silurus glanis)*, szivárványos pisztráng (*Oncorhynchus mykiss*), tokfélék (*Acipenseridae*), süllő (*Sander lucioperca*) (Csorbai et al., 2015; Péteri et al., 2013). Az intenzív rendszerekben termelt hal mennyisége 2019-ben 4740 tonna volt, amely az előző évhez mérten 12 százalékos bővülést jelentett (Kiss, 2020). Jelenleg a tavi halnevelés jelentős hányadát (kb. 81%) teszik ki a termlésnek, míg az intenzíven nevelt halállomány 19%. A tavi ketreces nevelési technológia ötvözi az extenzív és az intenzív technológiák előnyét. Ilyen körülmények között gyengébb minőségű, olcsóbb takarmányok etetése is jövedelmező lehet. A piacnak állandó, megbízható haltemelésre lenne szüksége, azonban ezt

kivitelezni az éghajlati sajátságok miatt nehézkes, ugyanis a vízhőmérséklet csökkenésével az emésztés nagyon lelassul.

A ponty (*Cyprinus carpio*) az egyik legfontosabb édesvízi akvakultúrában termelt halfaj, különösképpen Európában és Kelet-Ázsiában. Világviszonylatban a termelt mennyiség meghaladja a négymillió tonnát éves szinten, melyet élelmiszerként, egyes helyeken takarmány alapanyagként, illetve sporthalként hasznosítanak (FAO, 2019). Az étkezési méretű ponty a hazai halastavi haltermelésből 84,5%-kal részesedett 2019-ben, ami mintegy 11.436 tonnát tesz ki (Kiss, 2020). A hagyományos tógazdasági nevelési technológiákkal szemben, ahol gabonával történik a kiegészítő jellegű takarmányozás (Hepher, 1988), egyre több helyen nyer teret az összetett takarmányokra alapozott tartástechnológia. A pontyok különböző korosztályainak tápanyagigényét a 26. táblázat szemlélteti. Éves szinten az úgynevezett növekedési peridódus kb. 150 napig tart, amikor a vízhőmérséklet megfelel az élettani igényeknek, ugyanakkor a klímaváltozás ezt az időszakot megnyújthatja, ami pozitívumként hathat az ágazatra. Ezen körülmények között a piaci méretű ponty előállítása 2-3 évbe, vagy ahogy a szakzsargon mondja, „nyárba” telik. A tradicionális termelési technológiákat azonban gazdasági megfontolásból (a víz, az energia, az abraktakarmány és a humán erőforrás egyre növekvő költsége) és a vásárlók nagyobb méretű hal (>2 kg) iránti igénye a gazdálkodások intenzifikálását eredményezik (Feledi et al., 2009). Ugyanakkor Nyugat-Európában a vásárlók hajlandóak magasabb árat fizetni a környezetbarát, ökológiai gazdálkodásban termelt halhúsért (Woynárovich et al., 2019). Az egészséges élelmiszer előállítása a felvevő piac szempontjából kulcskérdés, így törekedni kell arra, hogy az alkalmazott takarmányozás eredménye megfeleljen ennek. A pontyok esetén a rossz vízminőség és/vagy takarmányozás befolyásolhatja a halhús ízét (Varga et al., 2015).

Magyarországon az őshonos európai harcsa (*Silurus glanis*) a harcsa húsa világos színű, szálkamentes és ízletes. A harcsa híres nagy ellenállóképességéről, különösen jól tűri a technológiai beavatkozásokat, úgymint a szállítás, illetve kiemelendő, hogy oldott oxigén igénye a pontyéhoz hasonlóan alacsony. A harcsát könnyű összetett takarmányra szoktatni, melyet kiválóan is hasznosít. Az európai harcsa tápanyagigénye nincs meghatározva, így takarmányainak összeállításakor elfogadott a közeli rokon halfajok igényeit (pl.: csatornaharcsa, 27. táblázat) és a takarmánygyártók javaslatát figyelembe venni. A magyarországi, étkezési méretű európai harcsa termelés arányaiban véve alacsony (2019-ben 205,6 tonna), mindössze az össztermelés 1,15%-át teszi ki (Kiss,

2020). Kutatók bizonyították, hogy intenzív termelése lehetséges tavi és ketreces környezetben is.

Hazánkban az egy főre jutó éves átlagos halfogyasztás mértéke 6–7 kg/fő/év között van, ami nagymértékben elmarad az EU átlagától (23–25 kg/fő/év) és a világátlagtól (20 kg/fő/év) is (EUMOFA, 2017).

26. táblázat: Összetett takarmányokban javasolt beltartalmi értékek különböző korosztályú pontyok esetén (Csengeri & Majoros, 2004)

Tápanyag	**M.e.**	**ivadék**	**egynyaras**	**kétnyaras**	**anyahal**
		Minimum szükséglet			
Szárazanyag	%	88	88	88	88
Nyersfehérje	%	39	36	30	32
Nyerszsír	%	8	7	7	7
Nyersrost	%	max. 2	max. 4	max. 5	max. 5
Nyershamu	%	max. 10	max. 11	max. 12	max. 12
Metabolizálható energia	MJ/kg	13	12	11	11,5
Lizin	%	2,4	2,1	1,8	2
Metionin	%	1,2	1	0,9	0,9
Ca	%	0,5	0,5	0,5	0,5
P	%	1,2	1,1	1	1,1
Mg	%	0,17	0,15	0,15	0,15
n-3 zsírsav	%	1,1	1	1	1,1
n-6 zsírsav	%	1,1	1	1	1,1
EPA/20:5 (n-3)	%	0,35	0,3	0,3	0,35
DHA/22:6 (n-3)	%	0,3	0,25	0,2	0,35
A-vitamin	IU/kg	3 000	2 500	2 500	2 500
D_3-vitamin	IU/kg	3 000	2 000	2 000	2 000
E-vitamin	mg/kg	90	60	60	60
K_3-vitamin	mg/kg	36	24	24	40
B_1-vitamin	mg/kg	2	2	2	2
B_2-vitamin	mg/kg	4,5	3	3	3
B_6-vitamin	mg/kg	5	5	5	5
B_{12}-vitamin	mg/kg	0,01	0,01	0,01	0,01
Pantoténsav	mg/kg	40	40	30	30
Biotin	mg/kg	0,2	0,2	0,2	0,2
Niacin	mg/kg	15	10	10	10
Kolin	mg/kg	1 200	1 000	750	750
Folsav	mg/kg	3	3	2	2
C-vitamin	mg/kg	100	80	50	50
Fe	mg/kg	15	10	5	15
I	mg/kg	0,9	0,6	0,3	1
Co	mg/kg	0,45	0,35	0,15	0,3
Cu	mg/kg	4,5	3	1,5	4
Mn	mg/kg	45	30	15	45
Se	mg/kg	0,45	0,3	0,15	0,5
Zn	mg/kg	24	16	8	25

27. táblázat: A csatornaharcsa tápanyagszükséglete (NRC, 2011; Robinson & Li, 2015)

Tápanyag	**M.e.**	**növendék Minimum szükséglet**
Nyersfehérje	%	32-35
Nyerszsír	%	4-6
Nyersrost	%	>7
Emészthető energia	kcal/g fehérje	8,5-9,5
Lizin	%	1,6
Metionin	%	0,6
Ca	%	0,45
P	%	0,33
Mg	%	0,04
A-vitamin	mg/kg	0,6
D_3-vitamin	µg/kg	12,5
E-vitamin	mg/kg	50
B_1-vitamin	mg/kg	1
B_2-vitamin	mg/kg	9
B_6-vitamin	mg/kg	3
Pantoténsav	mg/kg	15
Niacin	mg/kg	14
Kolin	mg/kg	400
Folsav	mg/kg	1,5
C-vitamin	mg/kg	15
Fe	mg/kg	30
I	mg/kg	1,1
Cu	mg/kg	5
Mn	mg/kg	2,4
Se	mg/kg	0,25
Zn	mg/kg	20

4. ANYAG ÉS MÓDSZER

4.1 Emészthetőség vizsgálatok

4.1.1 Emészthetőség vizsgálat ponty esetében

A kísérletet a NAIK Halászati Kutatóintézet recirkulációs rendszerében végeztem el. A kísérleti rendszer 12 db, 1 m^3-es térfogatú üvegszálas, kör alakú medencékből állt, melyben a keringtetett víz hőmérsékletet automata rendszer szabályozta. A kísérlet ideje alatt az egyes medencék vízátfolyása átlagosan 4,5 liter/perc volt, a vízben oldott oxigén telítettsége mesterséges oxigén bevitel mellett végig 80 % felett volt, a pH 8,6-8,8 között mozgott, az ammónia nitrogén (NH_3-N) koncentrációja 0,1 mg/l alatt volt. A helyszín megvilágítása természetes fényből eredt, november-decemberi viszonyok között.

A kísérleti halállomány, amely az intézet saját nevelésű állományából állt, 360 db, átlagosan 40 ± 7 g tömegű ponty alkotta, melyet négyféle kísérleti csoportra (30 db hal/kád) osztottam, háromszoros ismétlés mellett. A halak a kádakba történő kihelyezést követően 7 napon keresztül akklimatizálódtak a kísérleti körülményekhez, 20 ^{o}C-os vízhőmérsékleten, majd ezt követően 5 nap alatt (+2 ^{o}C/nap) 6 kádban 30 ^{o}C-ra állítottam be a közeg hőmérsékletét, a másik 6 kádban maradt a 20 ^{o}C vízhőmérséklet. Ezalatt az idő alatt kereskedelmi forgalomban kapható haltakarmányt fogyasztottak (ponty előnevelő táp, Haltáp Kft.), melynek átmérője 2 mm, nyersfehérje tartalma 40 %-os volt. A 4 héten keresztül folyítatott emészthetőségi kísérlet során kétféle hőmérsékleten (20 és 30 ^{o}C) kontroll és DDGS tartalmú összetett takarmányt fogyasztottak.

A kísérlethez két takarmányt állítottunk össze, egy magas halliszt tartalmú kontroll takarmányt és egy kísérleti takarmányt, mely 70%-ban kontroll takarmányból és 30%-ban DDGS-ből tevődött össze. A DDGS a Pannonia Ethanol Zrt. dunaföldvári bioetanol üzeméből származott. A kísérleti takarmányokat a norvég NOFIMA (Norwegian Institute of Food, Fisheries and Aquaculture Research) intézettel közösen terveztük meg, majd ők gyártották le azt 50 kg/csoport mennyiségben és 2 mm szemcseméretben. Mindkét táp esetében ittrium-oxidot alkalmaztunk az emészthetőségi vizsgálat közvetett inert markereként. A 28. táblázat a takarmányok összetevőit és beltartalmát mutatja be.

28. táblázat A takarmány összetétele, beltartalma (% sz.a.)

Összetevők	Kontroll	DDGS
	%	%
Halliszt[a]	41,38	28,97
DDGS[b]	-	30
Napraforgóliszt[c]	40	28
Búza[d]	15	10,5
Vitamin premix[e]	2,86	2
Ásványi premix[f]	0,74	0,52
Ittrium[g]	0,02	0,014
Beltartalmi összetétel		
Nyersfehérje	44,32	39,87
Nyerszsír	3,46	5,37
Nyershamu	6,13	8,24
Nyersrost	6,45	6,40
Foszfor	1,68	1,69
Bruttó energia (kJ/g)	17,71	18,13
Esszenciális aminosavak		
Lizin	2,61	2,04
Arginin	2,29	1,93
Hisztidin	2,41	2,04
Izoleucin	1,92	1,53
Leucin	3,26	3,06
Valin	2,79	2,61
Metionin	1,27	1,03
Cisztein	0,55	0,58
Fenilanalin	2,32	1,94
Treonin	1,79	1,49
Nem esszenciális aminosavak		
Tirozin	1,96	1,56
Aszparaginsav	3,79	3,00
Glutaminsav	5,41	4,99
Szerin	1,97	1,51
Glicin	2,71	2,09
Analin	1,76	1,59
Prolin	2,06	1,69
Zsírsavak		
16:0	14,10	14,07
18:2ω6	12,37	32,52
18:3ω3	1,11	1,31
20:4ω6	0,38	0,20
20:5ω3	5,83	3,10
22:6ω3	10,33	5,34
Total SFA	22,05	19,60

Total MUFA	41,47	34,53
Total n-6	13,35	33,01
Total n-3	18,44	10,35
n-3/n-6	1,38	0,31
Total PUFA	31,79	43,36

[a]Nordsildmel (Norvégia). [b]Pannonia Gold (Magyarország). [c]Norvégia. [d]Norgesmoellene, Norvégia. [e]Vitamin premix (Vilomix, Hoenefoss, Norvégia): 1 kg-ban: Vitamin D_3, 3,000 IU; niacin: 200 mg; C-vitamin: 200 mg; E-vitamin: 160 mg; calcium pantothenate: 60 mg; riboflavin: 30 mg; piridoxine- HCl: 25 mg; menadion biszulfit: 20 mg; thiamin: 20 mg; folsav: 10 mg; biotin: 1 mg; vitamin B12: 0,05 mg. [f]Ásványi premix (keverve: Nofima Feed Technology Centre): 1 kg-ban: magnézium: 300 mg; kálium: 240 mg; cink: 48 mg; vas: 30 mg; mangán: 6 mg; réz: 3 mg. gAlfa Aesar, VWR.

Total SFA: telített zsírsavak összege; Total MUFA: egyszeresen telítettlen zsírsavak összege; Total n-6: omega 6 zsírsavak összege; Total n-3: omega 3 zsírsavak összege; Total PUFA: többszörösen telítettlen zsírsavak összege

A napi takarmányadagot a hőmérséklet változót figyelembe vevő TGC (thermal-unit growth coefficient) módszer (Cho, 1992) szerint állapítottam meg, amely kijuttatása kézzel napi két alkalommal történt. A növekedési és takarmány-hasznosítási paraméterek meghatározásához a halakat hetente, egyedenként megmértem. A halak a tömegméréseket megelőzően 16 órával kaptak takarmányt. A kísérlet elején és végén kádanként 3 db halat gyűjtöttem be véletlenszerűen, melyekből a teljes test beltartalmi paramétereit határoztam meg.

A kísérlet utolsó napján a halakat alapos túlaltatás (Norcaicum hatónyanyag tartalmú altatószer – Matuk, 1987 alapján készítve) után egyenként felboncoltam. A has felnyitását követően a vékonybél utolsó traktusából csipesz segítségével az ürüléket begyűjtöttem ügyelve arra, hogy vizelet, nyálka vagy víz ne jusson a jégen tartott mintatartó edénybe. Ezt követően ahhoz, hogy a megfelelő ürülék mennyiséget megkapjuk, az egyes kezelések mintáit homogenizáltam, majd az analízis megkezdéséig mélyfagyasztóban (-70 ^{o}C) tároltam.

A takarmányok, az ürülék, a halhús és a hal teljes test beltartalmi vizsgálatát az Horwitz és Latimer (2006) által összefoglalt standard módszerek szerint végeztem. A száraz anyag tartalom meghatározását tömegmérésen alapuló módszerrel végeztem, mely szerint az adott anyagot 4 órán keresztül szárítószekrényben szárítottam 105 ^{o}C-on. A nyershamu meghatározása is szintén tömegmérésen alapult azzal a különbséggel, hogy a

mintát a szárítást követően főzőlapon (250-270 ^{o}C) óvatosan elszenesítettem elszívó fülke alatt, majd további 4 órán keresztül 550 ^{o}C-on izzítókemencében hevítettem az anyagot. A nyersfehérjét Kjeldahl módszerrel határoztam meg, melyhez a Kjeldahlterm roncsoló berendezést használtam hidrogén-peroxid és kénsav oxidálószerrel, majd a módszer desztillációs fázisát Vapodest 30-as készüléken fejeztem be. Ezt követően 0,1 mólos NaOH oldattal titráltam színelváltozásig, mely alapján a kapott nitrogén tartalmat 6,25-tel megszorozva megkaptam a nyersfehérje mennyiségét. A nyerszsír meghatározásához Soxhlet extrakciós módszert használtam Soxtherm 2000 félautomata berendezést alkalmazva, ahol petroléter (forráspont: 40-60 ^{o}C) oldószerrel kiextraháltam a zsírt, amelyet nitrogén árammal pároltam be, majd 105 °C-os szárítást alkalmaztam 1 órán keresztül, mely után tömegméréssel megkaptam a zsírtartalmat. A nyersrost meghatározását Fibretherm (Gerhardt, Németország) készülékkel végeztem kénsav és nátrium-hidroxid feltárással. A kísérleti takarmányok össz-szénhidrát (TCH) és bruttó energia (GE) tartalmát Halver és Hardy (2002) képlete alapján számoltam: TCH = 100 – (nyers fehérje + nyers zsír + nyers rost + nyers hamu), valamint GE = szénhidrát- (17,2 KJ/g), fehérje- (23,6 KJ/g) és zsírtartalom (39,5 KJ/g) energiára átszámított összege.

Az ittrium elem meghatározását az Isotoptech Zrt. (Debrecen) végezte. A takarmány és liofilizált ürülék mintákat homogenizálás után salétromsavval (65%) és hidrogén peroxiddal (30 %) roncsolták Mars 5 típusú mikrohullámú roncsolóban. A roncsolatból atomemissziós spektrometriás módszerrel határozták meg az elemtartalmat AGILENT 4100 MP-AES rendszer segítségével. A gerjesztéshez mikrohullámú plazmagerjesztést használtak.

Az eredmények kiértékelésére és a csoportok közti különbségek meghatározására az SPSS 22.0 Windows számára kifejlesztett szoftvercsomagot alkalmaztam. Az adatokat a kísérleti elemek és változók függvényében egy- vagy kétszempontos varianciaanalízissel, Duncan teszttel, illetve Student-féle t-próbával elemeztem. A statisztikailag szignifikáns különbséget az adatok után felső indexben különböző betűkkel jelöltem. Jelen munkában 95 %-os megbízhatósági szinttel dolgoztam ($p < 0,05$).

4.1.2 Emészthetőség vizsgálat európai harcsa esetében

A kísérletet a NAIK HAKI belső, zárt recirkulációs rendszerében végeztem el 6 db, 1 m^3-es műanyag medencében. A kísérleti terem megvilágítása elenyésző intenzitású mesterséges fény által volt biztosított, a kádak pedig a legkisebb fényzavarás elkerülése

miatt takarásra kerültek. A halállomány kéthetes akklimatizációt követő induló egyedtömege 154,29 ± 2,73 g, a népsítés 20 egyed/kád volt. A kísérlet alatt a vízátfolyás 4,5 l/perc értékre állítottam, a kádakban lévő víz hőmérséklete 24 ± 1 °C volt, az oldott oxigén koncentrációja a mesterséges oxigén bejuttatás miatt nem csökkent 80 % alá, az ammónia-nitrogén koncentrációja pedig nem emelkedett 0,1 mg/l felé, 8,6 - 8,8-as pH mellett.

A halakat a kísérleti szakaszban *ad libitum* etettem, napi három alkalommal. A referencia takarmány 43 % nyers fehérjét, 6 % nyers zsírt tartalmazott az adott életkorú európai harcsa igényeihez igazodva (Kumar et al., 2016). Az emészthetőség meghatározásához, hasonlóan a pontytakarmányokhoz, inert markerként ittrium-oxidot használtunk. A takarmány tervezését és gyártását az Újvidéki Egyetem Élelmiszer-technológiai Intézetének munkatársaival közösen végeztük el. A tesztelni kívánt alapanyag (kukorica DDGS – Pannonia Bio) a kísérleti takarmány 30 %-át tette ki, míg a maradék 70 % a referencia takarmány volt (29. táblázat). Az összetett takarmányokat az egyetem kis méretű, kísérleti célú keverőjében és extruderében készítették el, melynek eredményeképpen a pelletek karakterisztikája úszó volt, átmérője pedig 4,5 mm.

29. táblázat A kísérleti takarmányok összetétele és beltartalmi mutatói

Összetevők	**Referencia táp**	**DDGS**
Búzaliszt T850[1]	28,5	20,0
Kukorica DDGS[2]	-	30,0
Halliszt[3]	40,0	28,0
Szójaliszt (zsírtalanytott, 50% feh.)[4]	20,0	14,0
Halolaj[5]	5,0	3,5
Vérliszt[6]	2,5	1,8
MCP[7]	1,8	1,3
Vitamin premix[7]	1,0	0,70
$CaCO_3$[7]	0,6	0,42
NaCl[7]	0,5	0,35
Ittrium-oxid[8]	0,1	0,07
Beltartalom		
Nyersfehérje	43,25 ± 0,29	39,70 ± 0,60
Nyerszsír	5,99 ± 0,20	7,68 ± 0,68
Nyersrost	1,37 ± 0,02	3,95 ± 0,05
Nyershamu	10,07 ± 0,12	8,68 ± 0,05
Foszfor	1,37 ± 0,05	1,24 ± 0,02
Bruttó energia (kJ/g)	17,76	17,82
Aminosav profil		
Esszenciális aminosavak (EAA)		
Arginin (ARG)	2,30	1,61
Cisztein (CYS)	0,38	0,31
Hisztidin (HIS)	1,38	1,23

Izoleucin (ILE)	1,90	1,71
Leucin (LEU)	3,04	3,21
Lizin (LYS)	2,65	2,31
Metionin (MET)	1,17	1,25
Fenilalanin (PHE)	1,84	1,64
Treonin (THR)	1,75	1,81
Valin (VAL)	2,15	2,01
ΣEAA	**18,56**	**17,19**
Nem esszenciális aminosavak		
Alanin (ALA)	2,16	2,19
Aszparagámsav (ASP)	3,76	3,45
Glutaminsav (GLU)	2,25	1,99
Glicin (GLY)	2,25	1,99
Prolin (PRO)	2,11	2,05
Tirosin (TYR)	1,50	1,43
Szerin (SER)	2,42	2,22

[1] Union SP, Temerin, Szerbia, [2] Pannonia Gold, Dunaföldvár, Magyarország, [3] 999 Fish meal LT, TripleNine Fish Protein A/S, Esbjerg, Denmark, [4] SOPRO-TB200, Sojaprotein, Bečej, Szerbia, [5] Sardina DOO, Postira, Brač, Horvátország, [6] ATEV Fehérjefeldolgozó Zrt., Magyarország, [7] DTD Ribarstvo, Bački Jarak, Szerbia, [8] Alfa Aesar, Thermo Fisher (Kandel) GmbH, Karlsruhe, Németország

A kéthetes etetési időszakot követően az összes biomasszából boncolás útján nyertem ki az ürüléket a halak alapos Norcaicum bázisú oldattal való túlaltatását követően. A gyűjtött mintát kádanként homogenizáltam, majd az elemzésig -20 ^{o}C-on tároltam.

Az aminosav tartalmat a NÉBIH akkreditált Székesfehérvári Regionális Élelmiszerlánc Laboratóriuma vizsgálta HPLC készüléket használva, az MSZ EN ISO 13903:2005 (Takarmányok. Az aminosav-tartalom meghatározása) szabvány szerint. A fémanalitikai vizsgálatokat a NAIK ÖVKI Környezetanalitikai Központ Vizsgáló Laboratóriuma végezte induktív csatolású plazma atomemissziós spektrométer (ICP-OES) használatával.

Az adatokat egyszempontos varianciaanalízissel, Tukey teszttel elemeztem. A statisztikailag szignifikáns különbséget az adatok után felső indexben különböző betűkkel jelöltem. Jelen munkában 95 %-os megbízhatósági szinttel dolgoztam ($p < 0,05$).

4.2 Zárt, kontrollált rendszerben végezett takarmányozási kísérletek

4.2.1 Takarmányozási kísérlet ponty esetében

A ponty növendékek a NAIK HAKI saját szaporításából származtak és a kísérlet előtt földmedrű tavakban neveltük azokat tradícionális termelési technológia mellett. A kísérlet előtt 3 héttel a halakat áthelyeztük a belső, karantén célú recirkulációs rendszerünkbe, mialatt Németh és munkatársai (2013) által leírt módon DETOX SA-val (ORPC, Olaszország), valamint Dimilin® 25WP-vel (Chemtura, Hollandia) kezeltem azokat parazita mentesítés céljából (Yasuno & Satake, 1990; Bouboulis et al., 2004). A halak induló átlag testtömege 63,1 ± 11,4 g volt (n=180). A karantén időszak elteltével a halakat 9 db, 1 m^3-es medencékbe helyeztem át (30 hal/kád), ahol a keringetett víz hőmérséklete 24 ± 0,5 ^oC volt. A kísérlet 12 héten keresztül zajlott, az egyes kísérleti csoportok háromszoros ismétlése mellett. Az egyes kezelések csoportjainak elhelyezése a medencékben véletlenszerűen történt, véletlenszám-generátor alkalmazás segítségével. A megfelelő oldott oxigén koncentráció (> 80%) biztosítása oxigén kúpok és porlasztók használatával történt. A halakat napi három alkalommal, egyenlő adagokkal, kézzel etettem. A napi takarmányadagot (kádanként) a medencében lévő halak össztömegéből számoltam ki, ami annak 3-3,5 %-a között változott. A kísérlet első felében 3,5 testtömeg százalék volt a napi adag, a kísérlet második felében pedig 3 testtömeg százalék. Ennek magyarázata, hogy a halak kísérlet ideje alatt elérték azt az egyedi testtömeget, ahol az optimális takarmányhasznosulás érdekében javasolt csökkenteni a napi adagot. Ezt a gyakorlati útmutatást az egyes takarmánygyártók ajánlják a saját termékeikre vonatkoztatva. A takarmányadag a tömegméréseket követően, kéthetente igazodott az aktuális biomassza tömeghez. A kísérlet alatt a víz kémiai jellemzőit heti két alkalommal monitoroztam, mely szerint a pH 8,4-8,5 között mozgott, az ammónium-nitrogént szintje pedig nem haladta meg a 0,15 mg/l-t.

A három féle kísérleti takarmányt a Nagyhegyesi Takarmány Zrt. segítségével terveztük és gyártottuk le. A takarmányok tervezésének koncepcióját a különböző DDGS mennyiségek (0 % - kontroll; 20 %; 40 %) adták, valamint az, hogy szárazföldi növényekre és ipari melléktermékekre alapoztuk a ponty növendék számára kialakított recepteket. Lipid forrásként kender olajat használtunk az optimális n-6:n-3 (3:1) zsírsav arány biztosításáért, mely jótékony hatással bír a halak egészségi állapotára (Da Porto et al., 2012). A megfelelő aminosav összetétel biztosítása érdekében mesterséges lizin és

metionin kiegészítést biztosítottunk. A takarmányok összetételét és beltartalmi értékeit a 30. táblázat szemlélteti. Az úszó, extrudált takarmány átmérője 4,5 mm volt.

30. táblázat A takarmányok összetétele, beltartalma (% sz.a.)

Összetevő	**Kontroll**	**DDGS 20**	**DDGS 40**
Szójaliszt	50,4	28,4	30,1
Baromfi húsliszt	26,5	33,3	23,3
Kukorica	17,0	14,7	3,0
DDGS[1]	0,0	20,0	40,0
Kendermagolaj	3,8	1,0	0,0
Premix[2]	2,0	2,0	2,0
$CaCO_3$	0,0	0,0	1,0
DL-metionin	0,1	0,1	0,1
L-lizin	0,0	0,2	0,2
Kolin-klorid	0,2	0,2	0,2
Beltartalom			
Szárazanyag	90,49	89,82	90,39
Nyersfehérje	36,92	34,49	32,78
Nyerszsír	5,66	4,20	4,10
Nyersrost	3,12	3,67	4,53
Nyershamu	11,26	10,72	9,20
Bruttó energia (MJ/kg)	17,63	17,05	17,02
Aminosav profil (m/m%)			
Esszenciális aminosavak			
Arginin	2,43	2,09	1,79
Hisztidin	1,42	0,9	0,82
Izoleucin	1,47	1,32	1,3
Leucin	2,62	2,54	2,59
Lizin	1,94	1,74	1,54
Metionin	0,52	0,59	0,56
Cisztin	0,34	0,43	0,45
Fenilalanin	1,35	1,41	1,47
Treonin	1,99	2,08	2,02
Valin	1,75	1,66	1,58
Nem esszenciális aminosavak			
Alanin	1,71	1,99	1,87
Aszparaginsav	3,4	2,78	2,57
Glicin	2,79	2,55	2,06
Glutaminsav	5,01	4,18	3,95
Prolin	2,11	2,67	2,51
Szerin	1,67	1,83	1,88
Tirozin	1,42	1,07	1,07
Zsírsav profil (% FA)			
16:0	22,05	20,82	18,79
18:2ω6	20,49	26,04	35,15
18:3ω3	1,63	1,44	1,62
20:4ω6	0,26	0,25	0,15
20:5ω3	0,03	0,03	0,02

22:6ω3	0,07	0,07	0,04
Total SFA	36,73	33,54	28,21
Total MUFA	38,54	36,49	33,39
Total n-6	21,18	26,63	35,57
Total n-3	1,84	1,62	1,73
Total PUFA	23,02	28,25	37,31

[1]Pannonia Gold (Magyarország); [2]Agrofeed (Magyarország): A-Vitamin – 450,000 IU/kg; D3-Vitamin – 75,000 IU/kg; E-Vitamin – 4,500 mg/kg; K3-Vitamin – 300 mg/kg; B1-Vitamin – 600 mg/kg; B2-Vitamin – 750 mg/kg; B6-Vitamin – 750 mg/kg; B12-Vitamin – 1,5 mg/kg; Niacin – 3,000 mg/kg; Pantoténsav – 2,100 mg/kg; Folsav – 210 mg/kg; Biotin – 27 mg/kg; C-Vitamin – 25,000 mg/kg; K – 9.9%; P – 3.0%; Na – 6.2 ; Fe – 5,100 mg/kg; Cu – 202.5 mg/kg; Mn – 525 mg/kg; Zn – 1,350 mg/kg; Se – 15 mg/kg; I – 120 mg/kg.

Total SFA: telített zsírsavak összege; Total MUFA: egyszeresen telítettlen zsírsavak összege; Total n-6: omega 6 zsírsavak összege; Total n-3: omega 3 zsírsavak összege; Total PUFA: többszörösen telítettlen zsírsavak összege

A kísérlet vége előtt 24 órával a halakat éheztettem és ezt követően mértem le az egyéni záró tömegeket. A mintázásra véletlenszerűen kiválasztott halakat Norcaicum bázisú altatószerrel alaposan túlaltattam, biztosítva a kíméletes leölését az állatoknak. Kezelésenként két hal faroktáji vénájából 1 ml vért vettem heparinozott fecskendő segítségével. A vért ugyancsak heparinozott mikrocentrifuga csövekbe tettem, majd 1400 g és 4000 rpm fordulat mellett 4 ^{o}C-on 20 percig centrifugáltam. Ezt követően a felülúszó vérplazmát begyűjtöttem és az analízisig -20 ^{o}C-on tároltam. Kezelésenként kádanként három halat boncoltam a biometriai mutatók meghatározásához, valamint máj, izom, fejvese és közép-bél minták vételére. Ezen felül három halat egészben -20 ^{o}C-on lefagyasztottam összefehérje vizsgálathoz.

A halhús és takarmány minták zsírsav analízisét kapilláris gázkromatográffal mértem. A lipidtartalmat kloroform és metanol elegyével vontam ki, majd Folch és munkatársai (1957) által leírt módszerrel tisztítottam a mintákat. Az észterifikálási lépést követően a zsírsav metil-észtereket (FAME) lángionizációs detektor segítségével Agilent 6890 N típusú gázkromatográffal mennyiségileg és minőségileg meghatároztam.

A vérplazma biokémiai paramétereinek (TC - összkoleszterin (Beckman Coulter - OSR6116 teszt); TG - triglicerid (Beckman Coulter -OSR61118 teszt); ALT - alanin

aminotranszferáz (Beckman Coulter - OSR6107 teszt); ALP - aszpartát aminotranszferáz (Beckman Coulter - OSR6109 teszt); AP - alkalikus foszfatáz (Dialab - D95560 teszt); GGT - gamma-glutamiltranszferáz (Dialab - D95604 teszt); amiláz (Beckman Coulter - OSR6182 teszt); lipáz (Diagon - DCC230075 teszt)) meghatározását az Állatorvos-tudományi Egyetem laboratóriumában végezték Olympus AU400 (Beckman Coulter, USA) teljesen automata, fotometriás teszteket alkalmazó klinikai kémiai analizátor segítségével.

A máj- és bélminták szövettani elemzését a Szent István Egyetem Halgazdálkodási Tanszékén végezték. Az egyes mintákat (kezelésenként 3 db) 16 órára Bouin oldatba merítettem, majd 70 %-os oldatba helyeztem át (Culling, 1974) a minta további feldolgozásáig. Ezt követően a mintákat paraffinba mártottam, majd az 5 µm-es metszeteket Mayer-féle hematoxylin oldatba helyeztem. A metszetek morfológiai struktúrájának elemzését ECLIPSE 80i (Nikon, Japán) fénymikroszkóp segítségével végeztük.

Az adatokat egyszempontos varianciaanalízissel, Tukey teszttel elemeztem. A statisztikailag szignifikáns különbséget az adatok után felső indexben különböző betűkkel jelöltem. Jelen munkában 95 %-os megbízhatósági szinttel dolgoztam ($p < 0,05$).

4.2.2 Takarmányozási kísérlet európai harcsa esetében

A NAIK HAKI recirkulációs rendszerének 12 darab 1 m^3-es medencéibe kádanként 20 db 272,7 ± 37,8 g induló testtömegű harcsát helyeztem ki. A kísérlet kezdetét egy 3 hetes akklimatizációs időszak előzte meg. Ezen időszak kezdetekor a korábban etetett kereskedelmi takarmányt fogyasztották (harcsa nevelőtáp, Haltáp Kft.) 9 napig. 10-14 nap között a napi takarmányadag egyik felét a harcsa nevelőtáp adta, a második felét pedig a kísérleti kontroll takarmány. Ezt követően a 15-21 napig a kísérleti kontroll takarmányt fogyasztották a halak. A vizhőmérséklet 24 ± 0,5 ^{o}C volt, az oldott oxigén koncentrációja a mesterséges oxigén bevitelnek köszönhetően nem csökkent 80 % alá. A víz minőségének kémiai mutatóit (ammónium-ion, nitrátion, nitrition) heti két alkalommal monitoroztam. A halakat napi 3 alkalommal etettem kézzel, a kádakban lévő biomassza 2,5 %-ának megfelelő takarmány adaggal. A halakat kéthetes rendszerességgel, egyedileg mérlegeltem, mely által a 8 hetes kísérlet alatt igazíthattam a takarmány adagokat, illetve nyomon tudtam követni a növekedési teljesítményt.

A kísérlet során a kontroll takarmányt a növendék életkorú európai harcsa igényei szerint terveztük és gyártottuk az Újvidéki Egyetem Élelmiszer-technológiai Intézetének munkatársaival, melynek fizikai paraméterei megegyeztek a harcsa emészthetőségi vizsgálat során gyártott takarmányokkal. A kísérleti takarmányok koncepciója az emelkedő DDGS tartalom volt, 0% 10%, 20% és 30%-ban tartalmazta az alternatív takarmányalkotót. A részletes beltartalmi adatokat a 31. táblázat tartalmazza.

31. táblázat A kísérleti takarmányok összetétele és beltartalmi mutatói

Összetevők	**DDGS 0**	**DDGS 10**	**DDGS 20**	**DDGS 30**
Baromfi húsliszt[1]	25,0	20,5	16,0	12,0
Szójaliszt (50% feh.)[2]	21,02	22,0	23,0	23,5
Búza[3]	25,0	18,94	12,8	6,72
Halliszt (60% feh.)[4]	20,0	20,0	20,0	20,0
DDGS[5]	**0,0**	**10,0**	**20,0**	**30,0**
Élesztő[6]	5,0	5,0	5,0	5,0
Halolaj[4]	1,5	1,5	1,5	1,5
Szójaolaj[3]	1,8	1,2	0,6	0,0
Lizin 78%[3]	0,06	0,15	0,22	0,28
Metionin DL 99%[3]	0,04	0,06	0,08	0,10
Premix[3]	0,50	0,50	0,50	0,50
NaCl[3]	0,08	0,15	0,30	0,40
Y_2O_3[7]	0,1	0,1	0,1	0,1
Beltartalom				
Nyersfehérje	39,39 ± 0,32	38,40 ± 0,19	37,85 ± 0,16	37,68 ± 0,32
Nyerszsír	7,58 ± 0,01	6,92 ± 0,01	6,66 ± 0,00	6,09 ± 0,00
Nyersrost	3,32 ± 0,16	3,69 ± 0,20	4,23 ± 0,05	4,46 ± 0,03
Nyershamu	8,66 ± 0,08	8,14 ± 0,06	7,86 ± 0,02	7,92 ± 0,03
Bruttó energia (kJ/g)	19,43	19,26	19,18	18,94
Foszfor	1,23	1,13	1,08	1,06
Esszenciális aminosavak				
Arginin (ARG)	2,68	2,51	2,40	2,41
Cisztein (CYS)	0,56	0,52	0,57	0,52
Hisztidin (HIS)	1,40	1,48	1,42	1,42
Izoleucin (ILE)	1,84	1,84	1,82	1,77
Leucin (LEU)	2,96	3,03	3,29	3,35
Lizin (LYS)	2,50	2,39	2,48	2,54
Metionin (MET)	0,62	0,57	0,59	0,49
Fenilalanin (PHE)	1,77	1,73	1,94	1,82
Treonin (THR)	1,35	1,37	1,46	1,46
Valin (VAL)	2,26	2,66	2,40	2,57
ΣEAA	17,94	18,1	18,37	18,35
Nem esszenciális aminosavak				
Alanin (ALA)	2,28	2,14	2,30	2,30
Aszparagámsav (ASP)	4,19	4,21	4,50	4,00
Glutaminsav (GLU)	7,49	6,54	6,67	6,94
Glicin (GLY)	3,11	2,65	2,67	2,32
Prolin (PRO)	2,32	2,06	2,69	2,39

Szerin (SER)	1,93	2,07	2,06	2,12
Tirozin (TYR)	1,35	1,37	1,46	1,46
Zsírsavak w%				
14:0	1,63 ± 0,14	1,59 ± 0,04	1,75 ± 0,02	1,87 ± 0,02
16:0	16,49 ± 0,64	16,14 ± 0,06	15,80 ± 0,06	15,47 ± 0,21
16:1n-9	0,49 ± 0,27	0,28 ± 0,00	0,26 ± 0,02	0,37 ± 0,14
16:1n-7	3,01 ± 0,07	2,75 ± 0,06	2,57 ± 0,04	2,63 ± 0,05
18:0	4,32 ± 0,08	4,29 ± 0,02	3,97 ± 0,04	3,57 ± 0,06
18:1n-9	23,49 ± 0,71	24,19 ± 0,28	23,24 ± 0,11	22,65 ± 0,38
18:1n-7	2,32 ± 0,58	1,90 ± 0,06	1,81 ± 0,01	2,01 ± 0,36
18:2n-6	28,38 ± 0,49	30,08 ± 0,19	30,31 ± 0,16	29,88 ± 0,33
18:3n-6	0,26 ± 0,20	0,15 ± 0,01	0,12 ± 0,01	0,25 ± 0,17
18:3n-3	3,17 ± 0,11	3,10 ± 0,00	2,81 ± 0,02	2,36 ± 0,08
20:0	0,26 ± 0,02	0,27 ± 0,00	0,29 ± 0,00	0,31 ± 0,02
20:4n-6	0,43 ± 0,01	0,40 ± 0,03	0,39 ± 0,01	0,39 ± 0,06
20:5n-3	1,87 ± 0,05	1,97 ± 0,00	2,24 ± 0,01	2,34 ± 0,03
22:6n-3	4,77 ± 0,29	4,82 ± 0,02	5,52 ± 0,16	5,69 ± 0,23
Total SFA	23,42 ± 0,99	22,97 ± 0,09	25,57 ± 0,06	22,02 ± 0,46
Total MUFA	33,87 ± 0,19	33,87 ± 0,27	33,19 ± 0,09	33,33 ± 0,12
Total n-6	29,66 ± 0,43	31,09 ± 0,25	31,35 ± 0,08	31,19 ± 0,09
Total n-3	10,43 ± 0,17	10,48 ± 0,03	11,22 ± 0,18	11,14 ± 0,18
Total PUFA	40,08 ± 0,26	41,57 ± 0,29	42,57 ± 0,10	42,33 ± 0,27
összlipid mg FA/ g	71,78 ± 6,02	65,54 ± 0,11	66,44 ± 3,46	59,22 ± 4,29

[1] BRO-MK, Brovis DOO, Visoko, Bosznia-Hercegovina, [2] SOPRO-TB200, Bečej, Szerbia, [3] DTD Ribarstvo, Bački Jarak, Szerbia, [4] Sardina DOO, Postira, Brač, Horvátország, [5] Pannonia Gold, Dunaföldvár, Magyarország, [6] Biofood, Tambou, Oroszország, [7] Alfa Aesar, Thermo Fisher (Kandel) GmbH, Karlsruhe, Németország

A kísérlet végén, az állatkísérleti engedélyben foglaltaknak eleget téve alaposan túlaltattam a halakat, majd szövet mintavétel és a biometriai mutatók felvétele céljából boncolás következett, kísérleti csoportonként 3-3 mintával. Teljes test és filé mintákat is vettem, azok beltartalmi analízisének vizsgálatára. A májminták egy részéből zsírsav analízist és hisztológiai elemzést végeztem, a másik részét RNA later-be helyeztem génexpressziós vizsgálat miatt. A bélmintákat BOUIN oldatba tettem szövettani vizsgálat céljából. A már korábban leírt módon vettem a vérmintát, illetve ürüléket a takarmányok emészthetőségének vizsgálata céljából. A vérplazmát Samsung PT10V (Dél-Korea) félautomata véranalizátor segítségével mértem PT10V Comprehensive 16V tesztpaneleket használva, a gyártó utasításait követve.

Az adatokat egyszempontos varianciaanalízissel, Tukey teszttel elemeztem. A statisztikailag szignifikáns különbséget az adatok után felső indexben különböző betűkkel jelöltem. Jelen munkában 95 %-os megbízhatósági szinttel dolgoztam ($p < 0,05$).

4.3 Félüzemi, tavi etetési kísérlet ponttyal

A tavi pontytermelés természetes táplálékbázisának hatékonyabb kihasználása céljából vizsgáltam a vegyes korosztályos népesítés lehetőségét. A kísérletet a NAIK HAKI 6 db 1808 (± 53) m^2 felületű és 1,5 m átlag mélységű földmedrű tavában végeztem. A kísérlet május 2-án kezdődött és október 3-ig tartott (154 nap). A telepítési sűrűséget a következőképpen állítottam be: minden egyes tóba 70 db kétnyaras (362 ± 10 g) pontyot és 1050 db egynyaras (45 ± 1 g) pontyot helyeztem ki. A takarmányozási technológia a Ruttkay (2016) által leírt félintenzív pontytenyésztési alapelvek szerint történt. Ennek értelmében a szezon első felében a tápanyag ellátottságot a magas zooplankton és zoobentosz természetes termelődésére alapoztam (Körmendi & Hancz, 2000), melyet Horváth et al. (2002) javaslatára búzával egészítettem ki. A tenyészszezon második felében, július 12-től a lehalászásig (október 11.) tavi összetett takarmányokat tesztelem fél-intenzív takarmányozás mellett. A meghatározott optimális DDGS tartalom ismeretében (40 %) takarmányreceptúrát dolgoztunk ki a Haltáp Kft. munkatársaival, ahol alapul vettük azokat az emészthetőségi és hasznosítási adatokat, melyeket a zárt halnevelő rendszerben végzett kísérleti eredmények támasztanak alá. Kontrollként kereskedelmi forgalomban lévő, a Haltáp Kft. által gyártott tilápia-ponty nevelő tápot (d = 4,5 mm) használtam. A kísérleti takarmány koncepciója az volt, hogy a kontroll táp szójaliszt és egyéb növényi összetevőit DDGS-re cseréljük, miközben az állati eredetű összetevők aránya nem változik. A kísérleti takarmány összetételét az 32. táblázatban, a beltartalmi mutatókat a 33. táblázatban szemléltetem.

32. táblázat A kísérleti takarmány összetétele ([1]Pannonia Gold, [2]Agrofeed Kft.)

Összetevők	%
DDGS[1]	40,0
Búza	20,5
Szójaliszt (46% feh.)	8,0
Kukoricaglutén liszt (60% feh.)	8,0
Baromfi húsliszt (62% feh.)	5,0
Extrudált szójaliszt	5,0
Vérliszt	4,0
Élesztő	4,0
Halliszt (60% feh.)	4,0
Premix[2]	1,5

33. táblázat A kereskedelmi és a kísérleti takarmány beltartalma

Beltartalom (%)	Kontroll takarmány	Kísérleti takarmány
Szárazanyag	92,26 ± 0,04	92,56 ± 0,11
Nyersfehérje	34,47 ± 0,01	35,04 ± 0,51
Nyerszsír	6,60 ± 0,38	7,80 ± 0,45
Nyersrost	2,98 ± 0,04	4,46 ± 0,05
Nyershamu	6,24 ± 0,12	5,93 ± 0,15
Bruttó energia (kJ/kg)	19,37	19,46
Fehérje/Energia (mg/kJ)	17,79	18,00
Esszenciális aminosavak és ásványi anyagok (számolt értékek) (%)		
Lizin	1,92	1,34
Metionin	0,87	0,69
Metionin + Cisztin	1,39	1,04
Treonin	1,36	0,95
Triptofán	0,38	0,26
Arginin	0,21	0,69
Izoleucin	0,15	0,07
Leucin	0,36	1,57
Valin	0,19	0,66
Ca	0,98	0,64
P	0,83	0,52
Mg	0,005	0,005
Na	0,05	0,04

Az etetés kézzel történt, napi 2 alkalommal a hal biomassza 2-3 %-nak (vízhőmérséklettől függően) megfelelő mennyiségben (34. táblázat). A természetes táplálék termelődésének elősegítésére a kísérlet kezdetekor és félidőben 4-4 t/ha marhatrágyát helyeztem ki a tavak befolyójához.

34. táblázat: Az etetés intenzitása a kísérlet során

dátum	átlag vízhőmérséklet	napi takarmányadag (MTT%) $(kg)^{0,8}$		
	°C	1 nyaras	2 nyaras	
2018.05.02	20,1	2,5%	2,0%	búza
2018.05.31	25,4	2,5%	2,0%	búza
2018.06.21	23,5	2,0%	1,5%	búza
2018.07.12	23,2	2,5%	2,0%	10 napig búza + összetett takarmány felesben, majd csak összetett takarmány
2018.08.01	27,0	2,5%	2,0%	összetett takarmány
2018.08.22	27,0	2,0%	2,0%	összetett takarmány
2018.09.12	24,0	1,8%	1,8%	összetett takarmány
2018.10.03	15,1	-	-	

MTT%-metabolikus testtömeg%

A növekedési ütemet és a halak egészségi állapotát 3 hetente próbahalászat során fogott halak mérlegelésével kísértem figyelemmel. A vízminőséget és a planktonellátottságot 2 heti rendszerességgel monitoroztuk. A próbahalászathoz a tó vízszintjét előző nap a felére csökkentettük. A kísérlet végén értékeltem a termelési paramétereket, takarmány – és fehérje hasznosítást, húsminőséget, végezetül pedig ökonómiai értékelést végeztem költség-haszon elemzéssel.

A vízkémiai paraméterek vizsgálatához 1,5 L vízmintát vettem oszlop mintavevő segítségével a tókifolyónál. A víz nitrogén- és foszforvegyületeit FIA spektrofotométer segítségével határozták meg a NAIK ÖVKI Környezetanalitikai laboratóriumában a következő szabványokat alkalmazva: MSZ EN ISO 11905-1:2000 (Vízminőség. A nitrogén meghatározása. 1. rész: A nitrogén meghatározása peroxi-diszulfátos oxidativ feltárás után); MSZ EN ISO 13395:1999 (Vízminőség. A nitrit-nitrogén, a nitrát-nitrogén és összegük meghatározása kétféle áramlásos elemzéssel (CFA és FIA) és spektrometriás detektálással); MSZ EN ISO 11732:2005 (Vízminőség. Az ammóniumnitrogén meghatározása. Áramlásos analízises (CFA és FIA) és spektrometriás detektálásos módszer); MSZ EN 1189:1998 (Vízminőség. Foszformeghatározás. Ammónium-mobildenátos fotometriás módszer).

A zooplankton vizsgálatok során minden esetben ismert mennyiségű vizet (100 l) szűrtem 50 µm szembőségű planktonhálón. A leszűrt mintákat (100 ml) egy 120 ml-es mintaedénybe tettem, formaldehiddel (4% végkoncentráció) tartósítottam és 4 ° C-on tároltam. A mintát skálázott centrifugacsőben ülepítettem, majd 24 óra elteltével leolvastam a leülepedett zooplankton térfogatot, amit átszámítottam térfogattömegre.

A halhús minőségi vizsgálatait Varga és munkatársai (2013) által leírt módszerek szerint végeztük. A frissen gyűjtött mintákat műanyag vákuumtasakban, 4°C.on tárolva szállítottam a laboratóriumba. A filé pH értékét post mortem 45 perccel és 24 órával később határoztam meg Testo 205 precíziós pH mérő segítségével (Testo AG, Lenzkirch, Németország). A friss filé színét (CIE-féle színmérő rendszer, L – világosság, a* – pirosság mértéke, b* – sárgaság mértéke) Minolta ChromaMeter 300 készülékkel (Minolta, Osaka, Japan), a csepegési veszteséget Honikel (1998) módszerével határoztuk meg. A filé minták (100 g) főzési veszteségének meghatározása zárt tasakban törénő főzést követően történt (75 °C, 20 percen keresztül). Az így kivált anyagmennyiség az induló tömeghez képesti aránya százalékban megadva adja meg a főzési veszteséget. A felengedési veszteség számolása ugyanaz, mint a főzési veszteségé, ugyanakkor ebben az esetben a mintát (25 g) lefagyasztjuk (−20 °C), majd szobahőmérsékleten kiolvasztjuk.

A gazdasági eredmények meghatározásához a a hektáronkénti profitot számoltam (Ft/ha). Ez megegyezik a takarmány, gabona és a munkaerő költségén felüli bevétellel, azaz a hektáronkénti népesítési anyag, a takarmányozás és a munkaerő költségének kivonása az teljes bevételből. A számoláshoz felhasznált egyenletek, illetve az ahhoz tartozó költségek a melléklet 6. bekezdésében találhatóak.

Az adatokat a kísérleti elemek és változók függvényében egy- vagy kétszempontos varianciaanalízissel, Duncan teszttel, illetve Student-féle t-próbával elemeztem. A statisztikailag szignifikáns különbséget az adatok után felső indexben különböző betűkkel jelöltem. Jelen munkában 95 %-os megbízhatósági szinttel dolgoztam ($p < 0,05$).

4.4 Az alkalmazott számítási módszerek

Tömeggyarapodás – WG = $\frac{(\text{záró tömeg} - \text{induló tömeg}) \times 100}{\text{induló tömeg}}$;

Napi növekedési index – DGI = $100 \times \left[\left(\text{záró } testtömeg^{1/3} - \text{induló } testtömeg^{1/3}\right) \div \text{a kísérlet napjainak száma}\right] \times 100$;

Takarmányhasznosítási együttható – FCR = $\frac{\text{kiadott takarmány } (g)}{\text{záró testtömeg } (g) - \text{induló testtömeg } (g)}$;

Specifikus növekedési ráta – SGR = $\left(\frac{\ln \text{záró testtömeg} - \ln \text{induló testtömeg}}{\text{a kísérlet napjainak száma}}\right) \times 100$;

Fehérje hasznosítási együttható – PER = $\frac{\text{tömeggyarapodás } (g)}{\text{fehérje bevitel } (g)}$;

Fehérje produktivitási érték (%) - PPV =

$\frac{\text{záró test fehérjetartalom } (g) - \text{induló test fehérjetartalom } (g)}{\text{fehérje bevitel } (g)} \times 100$;

Túlélési ráta – SR = $\frac{\text{induló egyedszám} - \text{elhullot egyedszám}}{\text{induló egyedszám}} \times 100$.

Kondíciófaktor (CF) = $\frac{\text{testtömeg } (g) \times 100}{\text{teljes testhossz } (cm)^3}$;

Zsiger index (VSI) = $\frac{\text{zsiger tömege } (g)}{\text{testtömeg } (g)} \times 100$;

Máj index (HSI) = $\frac{\text{máj tömege } (g)}{\text{testtömeg } (g)} \times 100$;

Hasűri zsír index – VFI = $\frac{\text{hasűri zsír tömege } (g)}{\text{testtömeg } (g)} \times 100$;

Bél index – ISI = $\frac{\text{a belek tömege } (g)}{\text{testtömeg } (g)} \times 100$.

5. EREDMÉNYEK

5.1 Emészthetőség vizsgálatok

5.1.1 Emészthetőség vizsgálat ponty esetében

Az etetés hatására a kezelések közül a 20 °C-os DDGS csoportnak a legjobbak a növekedési mutatói (35. táblázat). Hasonló eredmény látható a takarmányhasznosulási együttható (FCR) és a specifikus növekedési ráta (SGR) esetében is, de szignifikáns eltérés az SGR és FCR esetében csak a hőmérsékletekben van (p-érték = 0,014), a tápok között viszont nincs (N.S). A fehérjehasznosulás (PER) értékben ugyanakkor a takarmányok között is van szignifikáns különbség 20°C-on (p-érték = 0,019). A kísérlet alatt elhullás 1-1 esetben történt, így a megmaradási mutatók (SR) közt nincs különbség.

35. táblázat: Az egyes kezelések hatása a növekedésre és a tápanyag hasznosításra

Vízhőmérséklet	20 °C		30 °C		Kétszempontos varianciaanalízis		
Takarmány	Kontroll	DDGS	Kontroll	DDGS	Víz-hőmérséklet	Takarmány	Interakció
Növekedés (%)	40,75 ± 4,20^{ab}	46,91 ± 1,92^{b}	38,98 ± 2,16^{a}	36,08 ± 4,52^{a}	p < 0,05	N.S.	N.S.
FCR (g/g)	2,10 ± 0,19^{ab}	1,86 ± 0,10^{a}	2,33 ± 0,27^{b}	2,35 ± 0,27^{b}	p < 0,05	N.S.	N.S.
SGR (%/nap)	1,10 ± 0,10^{ab}	1,24 ± 0,04^{b}	1,06 ± 0,05^{a}	0,99 ± 0,11^{a}	p < 0,05	N.S.	p < 0,05
PER	1,08 ± 0,10^{a}	1,35 ± 0,07^{b}	0,98 ± 0,12^{a}	1,08 ± 0,13^{a}	p < 0,05	p < 0,05	N.S.
SR (%)	99 ± 0,02	100 ± 0,00	98 ± 0,02	100 ± 0,00	-	-	-

Az ürülék beltartalmi mérési adatainak alapján kiszámoltam két különböző hőmérsékleten a tápok látszólagos emészthetőségi együtthatóit szárazanyagra, nyersfehérjére és foszforra (36. táblázat).

36. táblázat: A takarmányok látszólagos emészthetőségi együtthatói

Vízhőmérséklet	20 °C		30 °C		Kétszempontos varianciaanalízis		
Takarmány	Kontroll	DDGS	Kontroll	DDGS	Vízhőmérséklet	Takarmány	Interakció
Szárazanyag	76,23^{a} ± 0,08	68,43^{b} ± 0,84	75,75^{a} ± 0,08	66,76^{c} ± 0,25	p < 0,05	p < 0,05	N.S.
Nyersfehérje	94,42^{a} ± 0,21	92,56^{b} ± 0,24	89,54^{c} ± 0,14	88,73^{d} ± 0,08	p < 0,05	p < 0,05	p < 0,05
Foszfor	51,97^{a} ± 2,61	56,97^{b} ± 0,32	51,58^{a} ± 2,55	56,62^{b} ± 2,96	N.S.	p < 0,05	N.S.

A szárazanyag emészthetőségi együttható 67-76% között változott, és szignifikánsan különbözött az egyes takarmányok és vízhőmérsékletek között, kivéve a kontrollt. Alacsonyabb hőmérsékleten az ADC értékek mindkét táp esetében magasabbak, mint 30 C°-on. Ugyanezen tendencia látható a fehérje és a foszfor esetében is. A DDGS, mint alapanyag fehérje emészthetőségére mindkét hőmérsékleten 86 % körüli értéket határoztam meg (37. táblázat), míg szárazanyagának látszólagos emészthetőségi-

együtthatójára 45 és 49 %-ot. Ugyanakkor a DDGS foszfor emészthetősége jelentősen magas 81-83 % közötti változott.

37. táblázat: A teszt alapanyag látszólagos emészthetőségi együtthatói

Vízhőmérséklet	20 °C	30 °C
Összetevő	**DDGS**	
Szárazanyag	49,96[a] ± 2,83	45,49[b] ± 0,84
Nyersfehérje	86,10[a] ± 0,74	86,06[a] ± 0,36
Foszfor	82,89[a] ± 1,87	80,86[a] ± 17,15

A DDGS testösszetételre gyakorolt hatásait a 38. táblázat szemlélteti. Statisztikailag igazolt különbség nem állapítható meg egyetlen ilyen vizsgált paraméterben sem.

38. táblázat A kezelések hatása a testösszetételre

Vízhőmérséklet	20 °C		30 °C		Two-way Anova		
Takarmány	**Kontroll**	**DDGS**	**Kontroll**	**DDGS**	**Vízhőmérséklet**	**Takarmány**	**Interakció**
Nyersfehérje %	63,54 ± 1,28	63,14 ± 2,66	61,50 ± 2,64	64,08 ± 1,30	N.S.	N.S.	N.S.
Nyerszsír %	20,06 ± 1,37	19,01 ± 1,71	18,88 ± 2,56	18,13 ± 0,68	N.S.	N.S.	N.S.
Nyershamu %	12,58 ± 0,59	12,21 ± 0,31	12,60 ± 1,53	13,49 ± 0,99	N.S.	N.S.	N.S.
Nedvesség %	76,33 ± 0,20	76,30 ± 0,54	76,14 ± 1,21	76,06 ± 0,68	N.S.	N.S.	N.S.

5.1.2. Emészthetőség vizsgálat európai harcsa esetében

Az analitikai vizsgálati eredmények segítségével kiszámoltam a takarmányok és a DDGS tesztalapanyag látszólagos emészthetőségi együtthatóit (ADC) szárazanyagra, nyersfehérjére, nyerszsírra, foszforra és az esszenciális aminosavakra vonatkoztatva (39. táblázat). Mindegyik vizsgált tápanyag emészthetőségi együtthatója szignifikánsan magasabb volt a magas halliszttartalmú kontroll takarmány esetében, szemben a DDGS takarmánnyal, kivéve a foszfort. Az aminosavak tekintetében a cisztin, lizin, hisztidin és az arginin esetében kaptam szignifikáns különbséget a kontroll és a kísérleti takarmány között. A DDGS látszólagos emészthetőségi együtthatója a nyersfehérje és a nyerszsír esetében relatíve magas 73,4 % és 77,4 % volt, mindemellé magas 88 %-os foszfor emészthetőség társult. Az aminosavakat illetően a lizin, a cisztin, az arginin, valamint a hisztidin mutatott alacsonyabb értéket.

389. táblázat A takarmányok és a DDGS látszólagos emészthetőségi együtthatói

ADC %	**Referencia tak.**	**DDGS (tak.)**	***p-érték***	**DDGS (alapanyag)**
Szárazanyag	67,44[a] ± 0,61	61,97[b] ± 1,21	0,002	49,42 ± 3,98
Nyersfehérje	82,89[a] ± 0,41	80,82[b] ± 0,65	0,010	73,39 ± 2,98
Nyerszsír	97,35[a] ± 0,05	90,06[b] ± 0,32	0,000	77,38 ± 0,86
Foszfor	60,14[a] ± 1,59	65,41[b] ± 1,09	0,009	87,98 ± 5,95
Esszenciális aminosavak (EAA)				
Arginin	93,01[a] ± 0,13	89,41[b] ± 0,34	0,000	72,64 ± 1,90
Cisztin	62,34[a] ± 0,71	46,97[b] ± 1,69	0,000	24,49 ± 4,15
Hisztidin	66,95[a] ± 0,62	64,74[b] ± 1,12	0,041	58,00 ± 4,55
Izoleucin	86,94 ± 0,25	86,19 ± 0,44	0,061	83,43 ± 2,05
Leucin	85,28 ± 0,28	86,11 ± 0,44	0,051	87,85 ± 1,37
Lizin	85,56[a] ± 0,27	82,96[b] ± 0,54	0,002	66,30 ± 4,02
Metionin	86,06 ± 0,26	86,15 ± 0,44	0,765	86,39 ± 1,56
Prolin	85,56 ± 0,27	86,12 ± 0,44	0,137	87,19 ± 1,29
Treonin	82,81 ± 0,32	82,97 ± 0,54	0,682	83,48 ± 2,27
Valin	83,51 ± 0,31	83,36 ± 0,53	0,684	82,82 ± 2,37

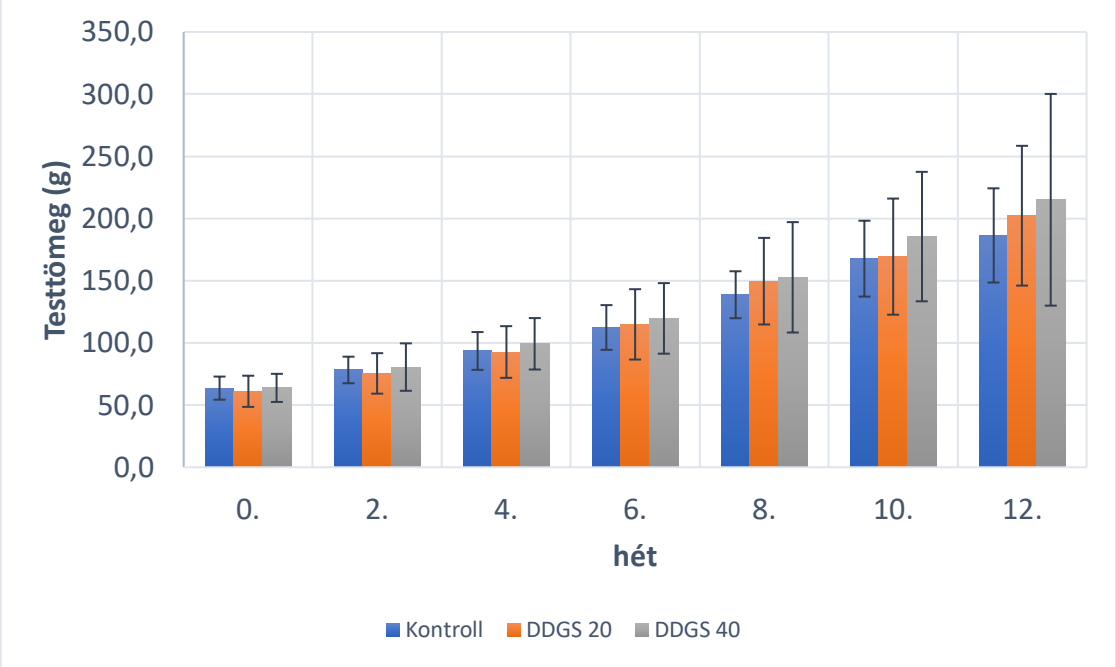
5.2. Zárt, kontrollált rendszerben végzett takarmányozási kísérletek

5.2.1 Takarmányozási kísérlet ponty esetében

A 12 hetes etetés hatására mind a növekedési teljesítményt leíró paraméterek (tömeggyarapodás – WG; napi növekedési index – DGI; specifikus növekedési ráta – SGR), mind a takarmány- és fehérjehasznosulás (FCR) tekintetében statisztikailag igazolható különbségeket mértem a kísérleti csoportok és a kontroll között (40. táblázat). A növekedési ütemet a 3. ábra szemlélteti.

39. táblázat A kezelések hatása a növekedésre és a tápanyag hasznosításra

	Kontroll	DDGS 20	DDGS 40	SEM	p - érték
IBW (g)	64,46	60,80	63,78	2,35	0,477
FBW (g)	186,24[a]	202,09[ab]	215,06[b]	6,41	0,012
WG (%)	188,93[a]	232,37[b]	237,16[b]	11,33	0,016
DGI	2,07[a]	2,36[b]	2,43[b]	0,07	0,006
FCR	2,08[a]	1,82[b]	1,81[b]	0,04	0,001
SGR	1,31[a]	1,46[b]	1,48[b]	0,04	0,014
PER	1,30[a]	1,59[b]	1,68[c]	0,04	< 0,001
PPV	18,79[a]	23,10[b]	23,98[b]	0,53	< 0,001
SR (%)	96,67	100,00	98,89	-	-



3. ábra - Növekedési ütem a kísérlet ideje alatt

A DDGS-t tartalmazó (DDGS 20 és DDGS 40) csoportok között ugyanakkor nem volt statisztikailag igazolható különbség. A fehérjehasznosulás a 20% és 40% DDGS tartalmú csoport között is szignifikánsan különbözött, legmagasabb értéket a 40%-os csoportnál találtam. Ez alapján következtettem, hogy a pontynak adott takarmányban akár 40%-ban is egy jól hasznosuló alapanyag a DDGS. A kísérlet ideje alatt a mortalitás egy csoportban sem haladta meg a 4 %-ot és a biometriai mutatók esetében sem találtam szignifikáns eltérést a kezelések között (41. táblázat). A halak testösszetétele azt mutatta, hogy a DDGS-t tartalmazó csoportok nyersfehérjetartalma szignifikánsan magasabb a kontroll csoporthoz képest. Ezzel párhuzamban a nyerszsírtartalom csökkent a 0% -tól a 40% felé, vagyis a DDGS kedvező hatással volt a testzsír mennyiségére. (42. táblázat).

40. táblázat Biometriai mutatók

	Kontroll	DDGS 20	DDGS 40	SEM	p - érték
CF	1,60	1,54	1,49	0,09	0,51
VSI	11,42	12,16	11,14	1,09	0,63
HSI	2,25	2,53	2,46	0,14	0,15
VFI	0,77	0,33	0,56	0,17	0,06
ISI	3,05	3,33	3,36	0,19	0,22

41. táblázat A teljes test beltartalmi összetétele

	Kontroll	DDGS 20	DDGS 40	SEM	p-érték
nyersfehérje	52,37[a]	55,84[b]	56,28[b]	1,23	0,044
nyerszsír	38,52[a]	34,79[b]	34,12[b]	1,19	0,024
nyershamu	6,29[a]	6,83[b]	7,74[b]	0,31	0,009

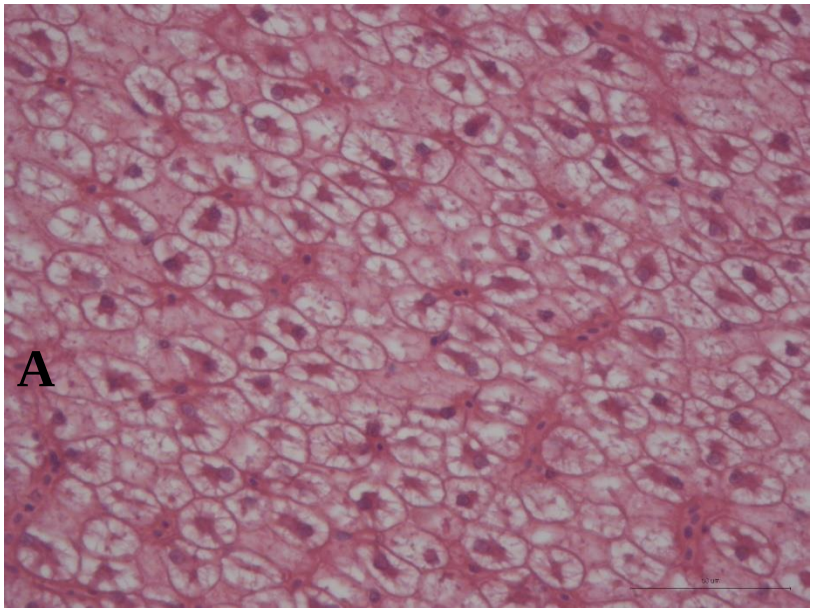
A vizsgált vérplazma paramétereit a mellékletben 3. bekezdésében található táblázatban ismertetem. A nagy szórás miatt statisztikailag igazolható különbséget nem mutattak, de az összkoleszterin (TC) és a triglicerid (TG) szint látszólag a testzsír csökkenésével tendenciaszerű korrelációt mutat. Az említett paraméterek szorosan összefüggenek a zsírsav anyagcserével és a takarmány minőségével, lévén sejtmembrán alkotók és a szteroid hormonok prekurzorai, valamint az élőlény vitalitását és energia ellátottságát jelzik. Az alanin aminotranszferáz (ALT), aszpartát aminotranszferáz (AST) alkalikus foszfatáz (AP), gamma-glutamiltranszferáz (GGT) enzimek aktivitása a máj károsodásával mutathat összefüggést. A vérplazma GGT értéke 2,5 U/L érték alatt volt, mely normális érték egy egészséges ponty (*Velisek és mtsai*, 2009) vagy tilápia esetében (*Chen és mtsai, 2003*). Az alacsony ALT és azonos ALP szintből arra következtettem, hogy a DDGS nem okozott májkárosodást a ponty ivadékoknál, annak ellenére, hogy néhány hal esetében a májsejtek nekrózisát, beszűkült szinuszoidokat és hipertrófia jeleit észleltem a DDGS 40 csoport szövettani elemzése során (4. kép).

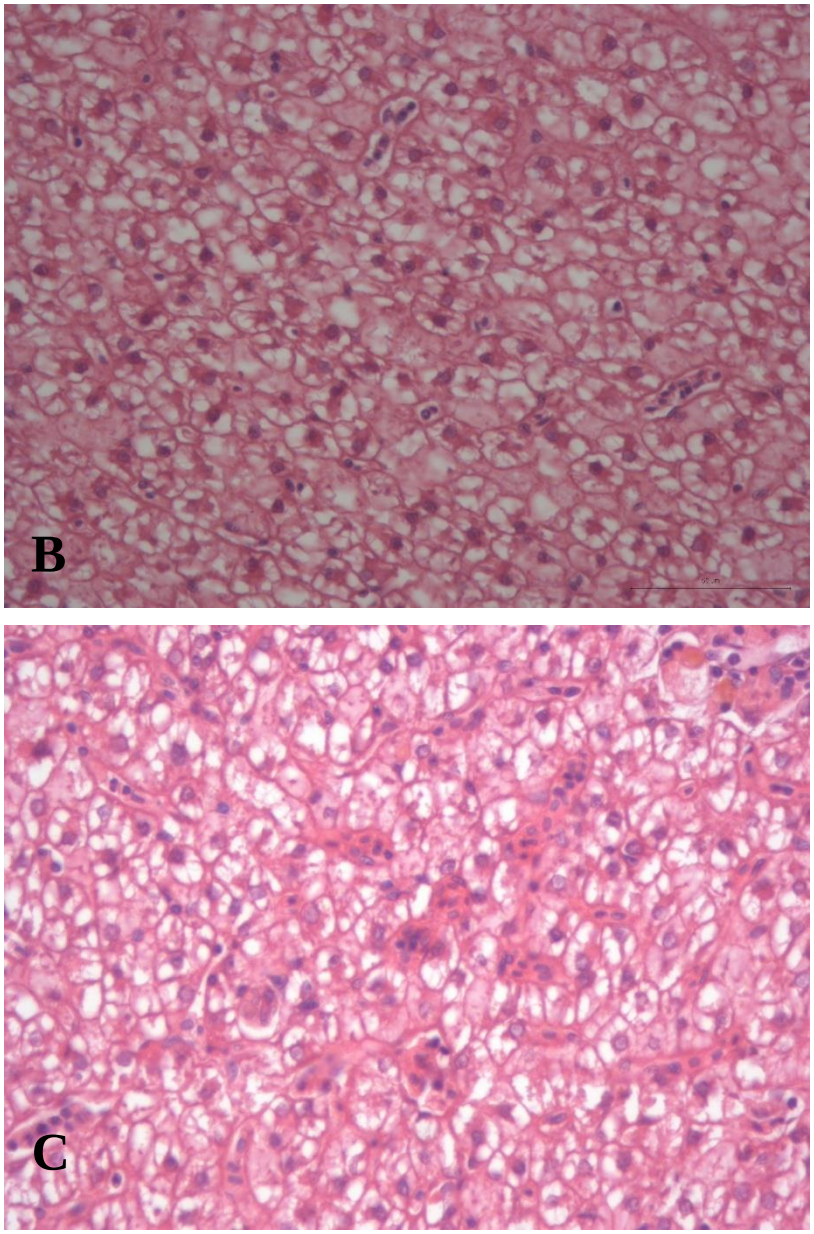
A máj zsírsav összetételének vizsgálata során a linolénsav (18:2 n-6) tartalom követte a kísérleti takarmányokban található mennyiségek trendjét, ugyanakkor arachidonsav szintetizálódás is megfigyelhető volt a hepatopankreaszban. Emellett az EPA és a DHA szintje a májban extrém alacsony szintet mutatott. Az olajsav (18:1 n-9) tartalom a kísérleti csoportok között statisztikailag szignifikáns különbséget mutatott, a legnagyobb mértékű felhalmozódás a kontroll csoportban volt megfigyelhető, ahol az összlipid tartalom 40 %-át adta ez a zsírsav. Ezen lipidek mennyisége összefügg a zsírdepók megjelenésével és az elzsírosodással. Hasonló tendencia figyelhető meg az egyszeresen telítetlen zsírsavak (MUFA) esetében is, ahol a mennyiségek csökkentek a takarmányok DDGS tartalmának emelkedésével, emellett viszont növekedett a többszörösen telítetlen zsírsavtartalom (PUFA). A máj lipidtartalma 65,19 mg/g volt. Ugyanakkor a májindex a kontroll csoportnál volt a legkisebb, de az egyes csoportok között nem volt szignifikáns mértékű különbség, vagyis valószínűleg a máj- és

zsigerindex a testsúllyal korrelál, és nem a zsírtartalommal. Az összes n-3/össz n-6 zsírsav aránya alacsony értéket mutatott (43. táblázat).

42. táblázat A máj zsírsavprofilja a kezelések hatására

	Kontroll			**DDGS20**			**DDGS40**			**p-érték**
Zsírsav	**w % FA**			**w % FA**			**w % FA**			
	átlag		STD	átlag		STD	átlag		STD	
16:1ω9	0,70	±	0,11	0,69	±	0,08	0,62	±	0,06	0,244
16:1ω7	4,10	±	0,37^{b}	3,77	±	0,72^{ab}	3,13	±	0,43^{a}	0,019
18:1ω9	41,16	±	1,73^{c}	37,18	±	2,70^{b}	32,67	±	1,32^{a}	< 0,001
18:1ω7	2,76	±	0,12^{b}	2,58	±	0,23^{b}	2,22	±	0,09^{a}	< 0,001
18:2ω6	10,75	±	0,81^{b}	13,45	±	2,61^{b}	16,61	±	2,02^{a}	< 0,001
18:3ω3	0,61	±	0,06	0,56	±	0,12	0,60	±	0,06	0,452
20:3ω9	0,73	±	0,16	0,66	±	0,20	0,64	±	0,13	0,594
20:4ω6	4,50	±	0,68	4,43	±	1,86	6,21	±	1,44	0,077
20:5ω3	0,06	±	0,01^{b}	0,07	±	0,01^{b}	0,08	±	0,02^{a}	0,07
22:6ω3	1,45	±	0,36	1,32	±	0,62	1,69	±	0,36	0,394
Össz lipid mg/g minta	***96,13***	**±**	***18,97^{b}***	***86,88***	**±**	***28,21^{b}***	***65,19***	**±**	***13,62^{a}***	0,076
Total SFA	24,34	±	0,59^{b}	25,72	±	0,61^{b}	24,49	±	0,82^{a}	0,006
Total MUFA	**51,66**	±	1,72^{c}	**47,04**	±	3,41^{b}	**41,24**	±	1,52^{a}	< 0,001
Total n-6	19,11	±	1,12^{c}	22,51	±	2,84^{b}	29,33	±	1,80^{a}	< 0,001
Total n-3	2,28	±	0,33	2,12	±	0,57	2,52	±	0,36	0,255
Total PUFA	**21,39**	±	1,35^{b}	**24,62**	±	3,28^{b}	**31,88**	±	2,02^{a}	< 0,001
Total n-3/Total n-6	0,12	±	0,01^{b}	0,09	±	0,02^{a}	0,09	±	0,01^{a}	0,002
EPA + DHA	1,51	±	0,36	1,40	±	0,62	1,78	±	0,38	0,385
ARA	**4,50**	±	0,68	**4,43**	±	1,86	**6,21**	±	1,44	0,077





4. kép A máj szövettani metszetei (A: kontroll; B: DDGS20; C: DDGS40)

A kísérleti takarmányok gasztroenterológiai elváltozásokat nem mutattak a metszetek elemzése során.

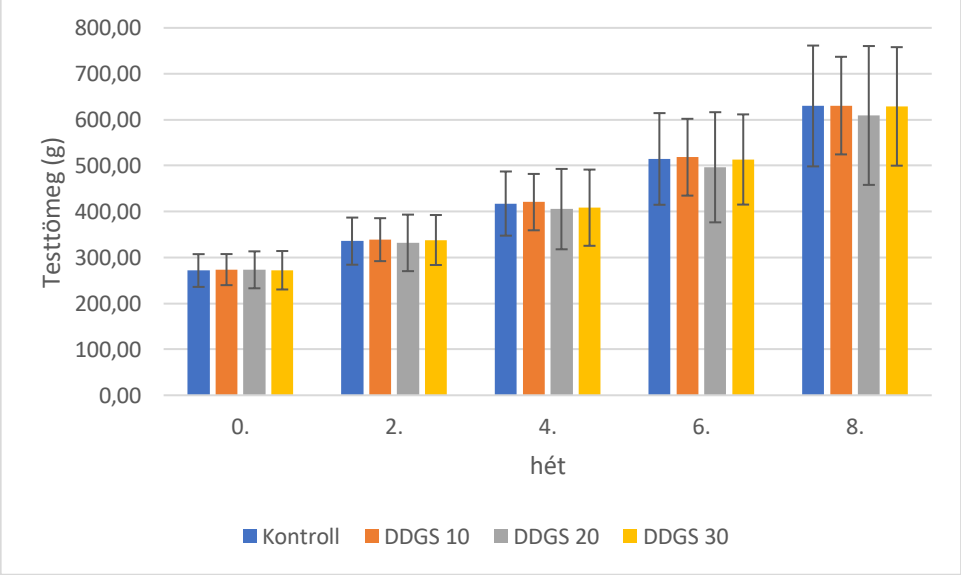
5.2.2. Takarmányozási kísérlet európai harcsa esetében

A 8 hetes etetési kísérlet befejezése után a növekedés, a takarmányhasznosulás és a fehérjehasznosulás tekintetében a kísérleti csoportok között nem volt statisztikailag igazolható különbség (44. táblázat). A halak növekedési ütemét a 4. ábra szemlélteti. A takarmányhasznosítási együttható eredményei a kísérleti csoportok között 1,29 és 1,36

g/g közötti eredményt mutattak, a specifikus növekedési ráta esetében ez az érték 1,43 és 1,50 g/nap volt, a fehérje hasznosulási és fehérje produktivitási mutatók pedig 1,78-1,94 % és 27,7-30,2 % között voltak. A kísérlet ideje alatt elhullást nem tapasztaltam. Függetlenül az etetett takarmány összetételétől a megvizsgált halak biometriai mutatói nem mutattak különbséget (44. táblázat).

43. táblázat A kezelések hatása a növekedésre, tápanyag hasznosításra és a biometriai mutatókra

	DDGS 0	**DDGS 10**	**DDGS 20**	**DDGS 30**	***p-érték***
IBW (g)	271,6 ± 35,6	273,6 ± 33,8	273,2 ± 40,2	272,3 ± 41,8	0,964
FBW (g)	629,9 ± 24,04	630,8 ± 110,8	609,3 ± 151,2	629,0 ± 130,5	0,717
Hozam (g)	358,3 ± 21,2	357,1 ± 17,2	336,1 ± 23,5	356,7 ± 29,0	0,611
FCR (g/g)	1,29 ± 0,06	1,30 ± 0,04	1,36 ± 0,07	1,29 ± 0,08	0,608
SGR (g/nap)	1,50 ± 0,05	1,49 ± 0,04	1,43 ± 0,07	1,49 ± 0,06	0,498
PER (g/g)	1,78 ± 0,12	1,94 ± 0,04	1,93 ± 0,07	1,89 ± 0,08	0,163
PPV (%)	27,68 ± 1,70	29,18 ± 0,50	30,21 ± 1,01	28,87 ± 1,13	0,144
CF (%)	0,60 ± 0,05	0,66 ± 0,08	0,61 ± 0,02	0,60 ± 0,02	0,181
VSI (%)	7,45 ± 0,76	7,66 ± 0,70	7,55 ± 0,25	7,30 ± 0,64	0,777
HSI (%)	1,87 ± 0,34	2,08 ± 0,25	1,84 ± 0,24	1,84 ± 0,15	0,330
VFI (%)	0,78 ± 0,41	0,83 ± 0,40	0,56 ± 0,20	0,53 ± 0,29	0,333
GI (%)	2,89 ± 0,25	2,80 ± 0,25	3,01 ± 0,34	2,79 ± 0,20	0,585
Filé kihozatal (%)	43,53 ± 2,32	45,07 ± 3,42	43,47 ± 3,40	43,96 ± 3,90	0,824



4. ábra - Növekedési ütem a kísérlet ideje alatt

A vérplazma biokémiai mutatói, úgymint a glükóz, az alkalin-foszfatáz, a koleszterol, a triglicerid és az amiláz a vizsgált csoportok között nem mutatott

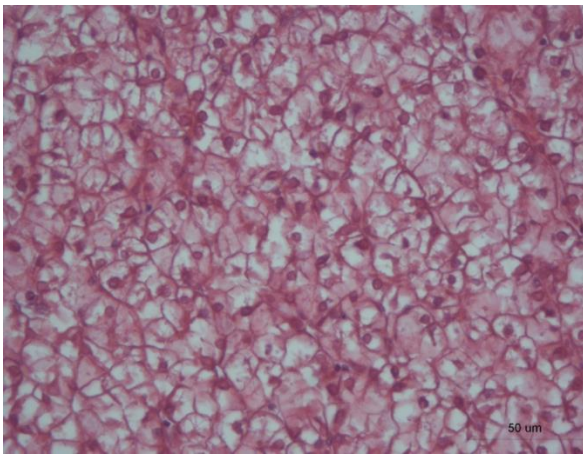
statisztikailag igazolható különbséget. Mindazonáltal megfigyelhető, hogy a triglicerid esetében a vizsgált minták eredményei közt igen nagy a szórás (melléklet 4. bekezdés).

A teljes test és a filé esetében a beltartalmi összetételt szárazanyagra vonatkoztattam. A filé esetében a nyersfehérje tartalom 79,0 és 80,5 % között volt, a nyerszsír tartalom pedig 11,5-12,1 % között változott a különböző kezelések hatására, amely statisztikailag igazolható különbséget nem jelentett (45. táblázat). A teljes test nyerszsír és nyersfehérje eredményei nem mutattak különbséget a kísérletben résztvevő csoportok között.

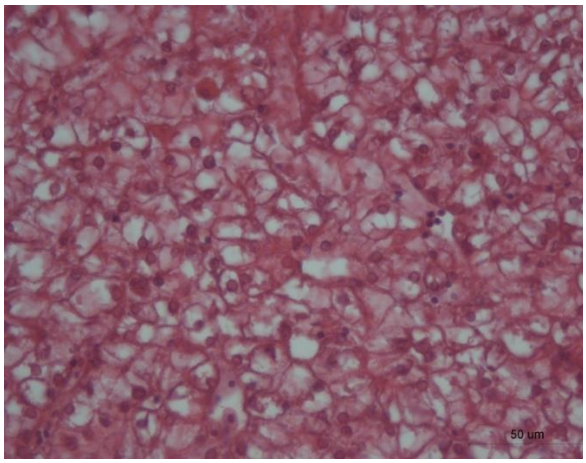
45. táblázat A filé és a teljes test beltartalmi értékei (% sz.a.) (takarmányozási kísérlet európai harcsa esetében)

Filé	**DDGS 0**	**DDGS 10**	**DDGS 20**	**DDGS 30**	*p-érték*
Nyersfehérje	78,96 ± 2,07	80,46 ± 1,55	80,08 ± 1,06	79,0 ± 0,96	0,366
Nyerszsír	11,58 ± 2,02	11,54 ± 1,39	11,78 ± 2,59	12,07 ± 1,18	0,873
Nyershamu	5,28 ± 0,33	5,36 ± 0,38	5,47 ± 0,27	5,49 ± 0,16	0,573
Teljes test					
Nyersfehérje	61,32 ± 1,04	61,23 ± 0,88	60,24 ± 1,09	59,39 ± 2,23	0,313
Nyerszsír	23,87 ± 1,6	23,76 ± 2,29	26,95 ± 1,21	27,45 ± 2,00	0,070
Nyershamu	10,27 ± 1,03	9,70 ± 0,13	8,44 ± 1,12	8,56 ± 0,64	0,069

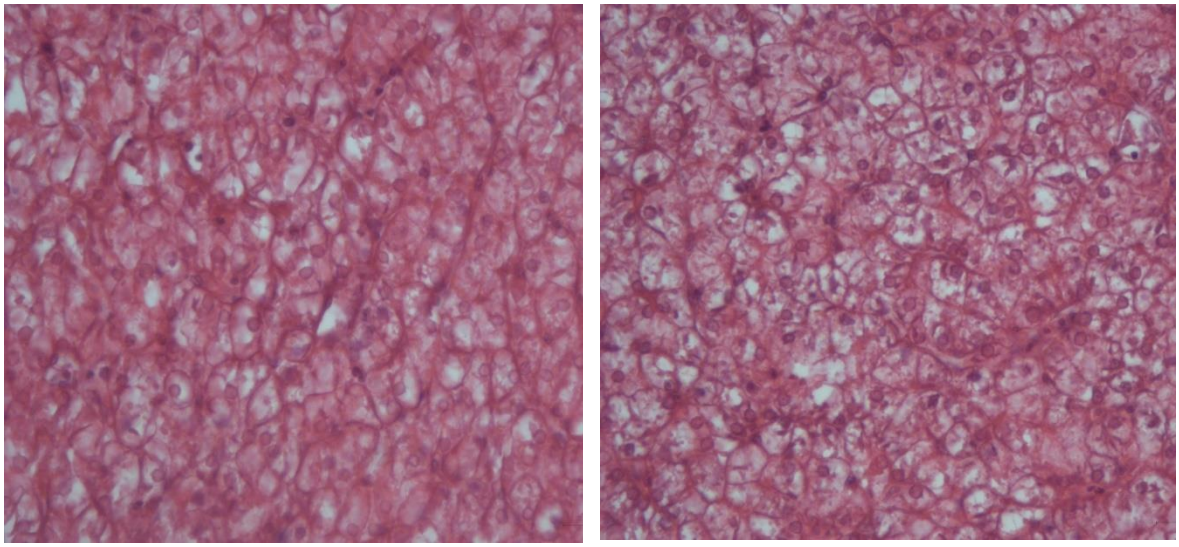
A máj metszetek elemzése során vizsgáltam a szöveti struktúrát, a hepatociták alakját és konzisztenciáját, illetve a sejtmagok alakját és elhelyezkedését (5. kép). A DDGS 20 és 30 csoport hepatocitái kevésbé voltak vakuolizáltak, mint a kontroll és a DDGS 10-es csoport mintái. A gasztrointesztinális epitél sejtek hossza, illetve a kehelysejtek száma és mérete egyaránt megegyező volt az egyes csoportok mintáinak elemzése során (5. ábra).



DDGS 0

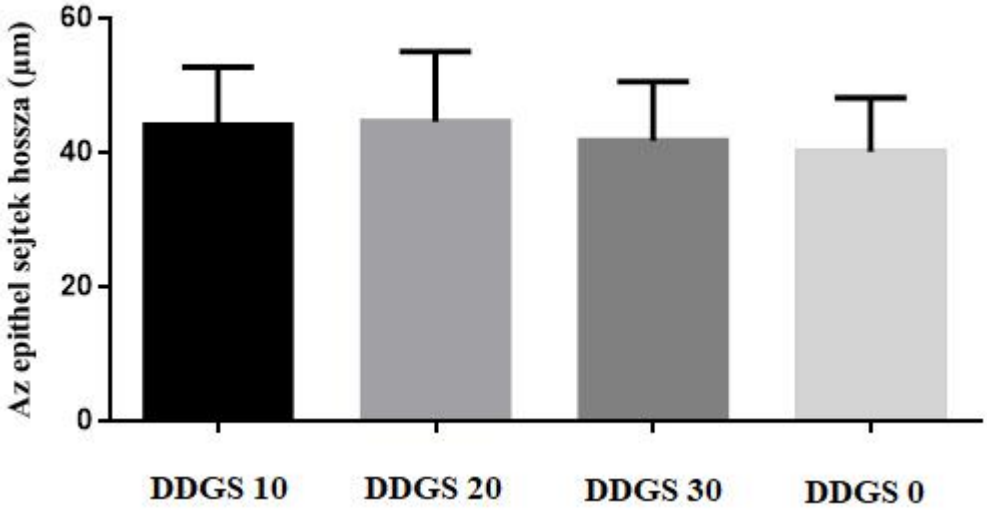


DDGS 10



DDGS 20 DDGS 30

5. kép Máj metszetek (takarmányozási kísérlet európai harcsa esetében)



5. ábra - A kísérleti csoportok bél mintáiban vizsgált epitél sejtek hossza (µm)

A máj zsírsav összetételének elemzése néhány zsírsav esetében szignifikáns különbséget mutatott a kísérleti csoportok között (46. táblázat).

44. táblázat A máj minták zsírsavprofilja a kezelések hatására

Zsírsavak w%	DDGS 0	DDGS 10	DDGS 20	DDGS 30	*p-érték*
14:0	0,83 ± 0,09	0,92 ± 0,22	0,75 ± 0,09	1,02 ± 0,34	0,170
16:0	15,47 ± 1,94[a]	17,19 ± 1,12[ab]	18,42 ± 0,98[b]	21,10 ± 0,80[c]	0,000
16:1n-9	1,04 ± 0,18	0,97 ± 0,10	1,03 ± 0,15	1,02 ± 0,13	0,843
16:1n-7	5,81 ± 2,45[a]	4,85 ± 1,62[ab]	3,39 ± 0,51[ab]	2,69 ± 1,14[b]	0,013
18:0	7,05 ± 1,14[a]	7,72 ± 0,40[a]	9,28 ± 0,69[b]	10,19 ± 0,55[b]	0,000
18:1n-9	27,93 ± 7,94[a]	24,62 ± 4,70[ac]	18,87 ± 2,05[bc]	15,90 ± 3,27[b]	0,002
18:1n-7	4,49 ± 0,93	4,53 ± 0,94	4,04 ± 0,37	3,56 ± 0,92	0,176
18:2n-6	5,40 ± 0,65	4,89 ± 0,70	5,07 ± 0,28	5,11 ± 0,27	0,404
18:3n-6	0,31 ± 0,17	0,38 ± 0,40	0,42 ± 0,47	0,24 ± 0,03	0,578
18:3n-3	0,25 ± 0,09	0,21 ± 0,60	0,28 ± 0,15	0,15 ± 0,09	0,191
20:0	0,09 ± 0,00	0,09 ± 0,01	0,29 ± 0,00	0,12 ± 0,04	0,135
20:4n-6	6,10 ± 1,91	6,83 ± 1,34	8,35 ± 0,55	8,72 ± 2,52	0,052
20:5n-3	0,66 ± 0,20	0,73 ± 0,13	0,79 ± 0,08	0,67 ± 0,18	0,468
22:6n-3	11,69 ± 4,40	13,02 ± 2,65	14,76 ± 0,75	14,86 ± 0,65	0,143
Total SFA	23,74 ± 3,15[a]	26,20 ± 1,40[ad]	28,92 ± 1,31[bd]	32,92 ± 1,21[c]	0,000
Total MUFA	43,20 ± 11,42[a]	38,57 ± 7,05[ac]	30,51 ± 3,24[bc]	26,00 ± 5,06[b]	0,003
Total n-6	17,89 ± 3,79	18,55 ± 3,27	21,70 ± 1,53	22,51 ± 4,40	0,075
Total n-3	13,13 ± 4,83	14,57 ± 2,89	16,48 ± 0,92	16,43 ± 0,75	0,164
Total PUFA	31,03 ± 8,60	33,12 ± 6,07	38,17 ± 2,30	38,94 ± 0,27	0,084
Összlipid mg FA/ g	17,31 ± 4,59[a]	14,42 ± 2,55[ac]	10,30 ± 2,25[bc]	8,46 ± 4,81[b]	0,000

A palmitát sav mennyisége, mely az össz zsírsav 21%-át adta statisztikailag igazolhatóan különbözött a DDGS 20 és 30-as csoport esetében a kontollhoz képest. Az egyszeresen telítetlen zsírsavak, úgymint a 16:1n-7 és 18:1n-9 mennyisége a takarmány DDGS tartalmának növekedésével statisztikailag igazolhatóan csökkent és különbözött. Ebből következik, hogy az összes telített- (total SFA) és egyszeresen telítetlen (total MUFA) zsírsavak mennyisége is eszerint változott. A takarmány DDGS tartalmának növelése a májban lévő többszörösen telítetlen zsírsavak (total PUFA) mennyiségének növekedését mutatták, azonban statisztikailag igazolható különbség ($p<0,05$) nem igazolódott. Az összeslipid tartalom a 8,46 és 17,31 mg FA/g között változott, ahol a legkisebb értéket a DDGS 30 csoport mutatta.

A takarmányok látszólagos emészthetőségi együtthatóinak eredményei négy különböző tápanyagra vonatkoztatva a 47. táblázatban látható.

45. táblázat A takarmányok látszólagos emészthetőségi együtthatói

ADC $_{táp}$ (%)	**DDGS 0**	**DDGS 10**	**DDGS 20**	**DDGS 30**	**p-érték**
Szárazanyag	56,62 ± 1,76	54,65 ± 0,23	55,86 ± 0,23	55,85 ± 0,23	0,140
Nyersfehérje	77,09 ± 1,33	78,60 ± 1,16	74,49 ± 2,32	76,95 ± 0,53	0,054
Nyerszsír	98,01 ± 0,16[a]	96,80 ± 0,11[a]	88,03 ± 1,50[b]	97,12 ± 0,07[a]	0,000
Foszfor	29,59 ± 2,86[a]	54,66 ± 0,23[b]	44,69 ± 0,30[c]	47,21 ± 0,29[c]	0,000

A szárazanyag és a nyersfehérje ADC értékei a csoportok között nem mutattak különbséget. A nyerszsír ADC eredményei kiemelkedően magas (96-98%) eredményt mutattak az egyes csoportok esetében, kivéve a DDGS 20-as csoportot, ahol 88%-os kiugró eredményt kaptam. A foszfor emészthetőségének mutatói statisztikailag igazolhatókülönbséget mutattak a csoportok között, ahol a legkisebb értéket a kontroll, a legnagyobb értéket a DDGS 30 csoport esetében figyeltem meg.

5.3 Félüzemi, tavi etetési kísérlet ponttyal

A tradicionális pontytenyésztési szezon áprilisban kezdődik és októberben zárul. A szezon során a vízhőmérséklet függvényében a plankton biomassza nagysága sűrűn változik. A kísérlet időtartama alatt a plankton biomassza változásait a melléklet 7. bekezdésében található ábra mutatja. Az összetett takarmányok etetése során a plankton biomassza 0,8-3 ml/100 liter között változott. Az összetett takarmányok etetésének kezdetét követően planktoncsúcs szeptemberben következett be a tavakban, majd a vízhőmérséklet csökkenésével meredek zuhanást mutatott. Az egyes tavak és kezelések vízminőségének mutatóit a mellékletben 8. bekezdésében található táblázat szemlélteti.

A 155 napos kísérlet alatt az egynyaras pontyok testtömege mindkét csoport esetében közel tízszeres növekedést mutatott. A kezelések hatására a specifikus növekedési ráta és a testtömeg gyarapodás statisztikailag igazolható különbséget mutatott a növendék korosztályú halakat tekintve (48. táblázat).

46. táblázat A kísérlet növekedési és takarmányhasznosulási paraméterei

	Kontroll	DDGS	p-érték
IBW növendék (g)	46 ± 1	45 ± 1	0,252
FBW növendék (g)	434 ± 18	499 ± 26	0,053
IBW kétnyaras (g)	360 ± 12	364 ± 8	0,611
FBW kétnyaras (g)	1346^{a} ± 37	1487^{b} ± 83	0,024
FCR (g/g)	$1,80^{a}$ ± 0,05	$1,58^{b}$ ± 0,02	0,002
SGR növendék (%/nap)	$1,46^{a}$ ± 0,02	$1,56^{b}$ ± 0,03	0,010
SGR kétnyaras (%/nap)	0,86 ± 0,04	0,91 ± 0,04	0,210
PER (g/g)	$2,06^{a}$ ± 0,04	$2,29^{b}$ ± 0,03	0,002
PPV (%)	31,77 ± 2,26	36,27 ± 2,05	0,063
Bruttó hozam (t/ha)	$2,85^{a}$ ± 0,17	$3,32^{b}$ ± 0,22	0,041

A záró testtömeg a kétnyaras halak esetében is különbözött a csoportok között. Az egész szezon alatti mortalitás a fiatalabb korosztályú halak esetén a kontroll csoportnál 5,14%, a DDGS csoportnál 3,33% volt, míg a kísérlet végére háromnyaras halak esetén a

kontroll csoportnál 12,86%, a DDGS csoportnál 13,33% volt. A takarmány- és a fehérjehasznosulási ráta egyaránt statisztikailag igazolható különbséget mutatott a kísérleti takarmányok tekintetében. A fehérje-produktivitási érték (PPV) a DDGS tartalmú takarmány esetében 36,2% volt, míg a kontroll takarmány esetén 31,6%. Az egy hektárra eső bruttó hozam tekintetében a kísérleti takarmány több, mint fél tonnával jobb eredményt ért el a kontroll, kereskedelmi takarmányhoz képest.

A kísérlet végén a piaci méretű korosztály kihozatali mutatóit, fizikai tulajdonságait és kémiai összetételét vizsgáltam (49. táblázat). A filé nyerszsírtartalma a kontroll csoport esetén 2,51-8,92% között mozgott, míg a DDGS tartalmú takarmányt fogyasztó csoport esetén ez az érték 3,14-10,96% volt. A konvencionális húsminőség mutatók, mint a csepegési, főzési és felengedési veszteség, pH és szín statisztikai különbséget nem mutattak a kontrollhoz képes. A tenyészszezon végén nem volt kimutatható statisztikai különbség a filé kihozatal és a biometriai mutatók esetében sem. Hasonló eredményt mutatott meg a konvencionális húsminőség vizsgálat a csepegési, főzési és felengedési veszteség, pH és szín eredményeit tekintve (49. táblázat).

A zsírsav profil vizsgálat során csekély mértékű különbség mutatkozott az összes többszörösen telítetlen és összes omega-6 zsírsavak tekintetében, ugyanakkor az egyedi különbségek itt is elnyomták a takarmányozás hatását, így statisztikailag igazolható eredmény nem volt megfigyelhető (49. táblázat). Az EPA, DHA és ARA zsírsavak szintje a vizsgált mintákban igen alacsony szinten voltak, 0,19-0,65 mg/g zsírsav. A csoportok között szignifikáns különbséget mutatott a linolsavtartalom, ahol a DDGS tartalmú takarmányt fogyasztó csoportnál volt ez a mutató a legnagyobb. Az olajsav (18:1n-9) tekintetében a kontroll csoportnál magasabb koncentrációt mértem, azonban a különbség nem volt szignifikáns. A kísérlet végén nem volt kimutatható statisztikai különbség a csoportok között a filé kihozatal és a biometriai mutatók esetében (49. táblázat).

Ahogyan a melléklet 5. bekezdésében található táblázat szemlélteti, az elemzett vérplazma paraméterekre a foszfát kivételével a különböző takarmányösszetétel nem volt hatással. A foszfát koncentrációja a DDGS tartalmú takarmány fogyasztása és a halak korcsoportja esetén is magasabbnak bizonyult a kontroll csoporthoz képest. A korosztály változó vizsgálata során az amiláz aktivitás mutatott statisztikailag igazolható különbséget, ugyanakkor a takarmány faktor nem korrelált ezzel az eredménnyel.

47. táblázat A piaci méretű halak filéjének vizsgálati eredményei

Filé beltartalom	**Kontroll**	**DDGS**	***p-érték***
víztartalom (%)	74,06 ± 0,44	74,75 ± 0,34	0,852
Nyers fehérje (%)	16,86 ± 0,47	16,69 ± 0,22	0,439
Nyerszsír (%)	6,43 ± 0,40	6,16 ± 0,24	0,189
Nyershamu (%)	1,20 ± 0,15	1,30 ± 0,14	0,459
16:0	7,56 ± 1,24	7,78 ± 1,54	0,784
16:1ω9	0,27 ± 0,04	0,24 ± 0,05	0,388
16:1ω7	2,50 ± 0,29	2,46 ± 0,58	0,878
18:0	2,36 ± 0,51	1,94 ± 1,02	0,392
18:1ω9	18,94 ± 3,95	17,41 ± 4,02	0,520
18:2ω6	6,26 ± 1,68	8,34 ± 1,31	**0,038**
18:3ω3	0,54 ± 0,13	0,51 ± 0,06	0,710
20:4ω6	0,62 ± 0,06	0,65 ± 0,13	0,710
20:5ω3	0,22 ± 0,05	0,19 ± 0,04	0,209
22:6ω3	0,42 ± 0,04	0,38 ± 0,04	0,617
TOTAL MUFA (mg/g)	24,46 ± 4,72	22,57 ± 5,00	0,516
TOTAL PUFA (mg/g)	9,04 ± 2,04	11,21 ± 1,55	0,064
TOTAL n-3	1,33 ± 0,18	1,23 ± 0,09	0,241
TOTAL n-6	7,70 ± 1,87	9,98 ± 1,48	**0,041**
Össz lipid (mg/g)	47,16 ± 8,73	47,21 ± 8,68	0,993
Kihozatali és biometriai mutatók			
Filézési hozam (%)	35,2 ±2,5	36,6 ± 2,4	0,366
Vágóérték (%):	70,2 ± 1,4	70,0 ± 2,1	0,538
HSI (%)	3,5 ± 0,4	3,8 ± 0,4	**0,040**
VSI (%)	15,6 ± 1,5	16,0 ± 1,7	0,999
GSI (%)	6,8 ± 1,8	6,3 ± 1,8	0,611
Konvencionális húsminőség mutatók			
Csepegési veszteség (%)	2,97 ± 1,27	2,81 ± 0,73	0,732
Főzési veszteség (%)	22,89 ± 2,67	21,32 ± 3,95	0,345
Felengedési veszteség (%)	5,7 ± 1,82	5,69 ± 1,54	0,991
pH	6,39 ± 0,07	6,39 ± 0,04	0,991
Világosság (L)	44,34 ± 0,99	44,34 ± 3,08	0,993
Vörösség (redness) (a)	1,28 ± 0,94	1,45 ± 0,15	0,775
Sárgaság (yellowness) (b)	1,76 ± 0,59	1,6 ± 0,77	0,621

A gazdasági eredmények azt mutatják, hogy a számolt profit, ami a bevétel és a takarmány költség, tenyészanyag, és munkaerő költség különbségeként definiálható, a kísérleti csoport esetében szignifikánsan eltér a kontroll csoporthoz képest (50. táblázat). Ez főként a DDGS-alapú kísérleti takarmányt fogyasztó magasabb hozamából származó megnövekedett bevételnek tulajdonítható. Az egyes csoportok közötti takarmányköltségek (kontroll csoport: 195 Ft/kg; kísérleti csoport: 182 Ft/kg) nem különböztek jelentősen, mivel a csökkentett takarmányköltséggel járó megtakarítások a

jobb növekedés és a kísérleti csoportokban a szezon második felében a magasabb állandó biomassza miatt megnövekedett takarmányhasználattal megszűntek.

A számított haszon-költség arány a kísérleti csoport esetében is lényegesen magasabb, mint a kontrollcsoport esetében (50. táblázat). A szenzitivitás vizsgálat során, amely egy 200 %-os DDGS áremelkedéssel számol (a kísérleti takarmány ára 182 Ft/kg-ról 240 Ft/kg-ra nő), úgy a jelen kísérleti eredmények alapján is szignifikánsan jobb gazdasági eredményt produkálna a kísérleti takarmány etetése.

48. táblázat Ökonómiai kalkulációk a kísérleti technológiai mutatók alapján

Paraméterek	M.e.	Kontroll csoport	Kísérleti csoport	p-érték
Takarmány ktsg. (1)	Ft/ha	696 150 ± 29 575	701 350 ± 35 750	NR
Tenyészanyag ktsg. (2)	Ft/ha	400 075 ± 2 925	398 125 ± 2 275	NR
Munkaerő ktsg. (3)	Ft/ha	401 375 ± 13 325	446 550 ± 16 900	**0,041**
Összes ktsg. (1+2+3)	Ft/ha	1 497 275 ± 42 900	1 545 700 ± 54 600	0,38
Bruttó bevétel	Ft/ha	2 579 850 ± 129 350	3 010 800 ± 157 625	**0,04**
Nettó bevétel	Ft/ha	1 082 575 ± 87 100	1 465 425 ± 103 350	**0,016**
Haszon-költség arány	Ft/Ft	559 ± 13	634 ± 10	**0,003**

6. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

6.1 Emészthetőség vizsgálatok

6.1.1 Emészthetőség vizsgálat ponty esetében

A kukorica DDGS tápértékét és tápanyagtartalmát befolyásolja a hozzáadott gabona mennyisége, az erjesztés hatékonysága, a hőmérséklet, a szárítási folyamat ideje, és az oldott maradékok mennyisége (Lim et al., 2011; Liu & Rosentrater, 2011). Kísérletem során megállapítottam, hogy a referencia- és a teszttakarmány fehérjetartalma jól emészthető volt, azonban a szárazanyag- és fehérje látszólagos emészthetőségi együtthatója (ADC) jelentősen magasabb volt a referenciatakarmány esetén a DDGS-alapú takarmányhoz képest. A fehérje emészthetősége és tápértéke közvetlenül összefüggésbe hozható annak aminosav összetételével. A fehérjék aminosavakból épülnek fel, amelyek a fehérje emésztését követően felvehető állapotban szabadulnak fel a vérben. Azon fehérjék, melyek nem tartalmaznak megfelelő mennyiségű esszenciális aminosavat kiegyensúlyozatlan aminosav-összetételű fehérjének tekinthetők, melyek ezáltal alacsonyabb emészthetőséggel és tápértékkel rendelkeznek. A referenciatakarmány esszenciális aminosavtartalmának összessége (ΣEAA) magasabb volt a teszttakarmányéhoz képest, amely jótékonyan befolyásolta a fehérje emészthetőségét. Azonban a DDGS-t tartalmazó takarmányban a foszfor ADC-je magasabb volt a halliszten alapuló étrendnél megfigyelt értékhez képest. A kukorica DDGS takarmányban a foszfor magasabb emészthetőségének oka lehet a kukorica erjedése során bekövetkező hidrolízis, mely eredményeképp több foszfor válik felvehetővé.

Szakirodalmi adatok alapján a halakban a tápanyagok emésztésére és beépülésére a hőmérséklet is hatással van (Farkas et al., 1980; El-Sayed et al., 1996; Watanabe et al., 1996). A foszfor kivételével az eredmények alapján a takarmányok ADC-je jelentősen nagyobb volt 20 °C-on mint 30 °C-on. A víz hőmérsékletének az emészthetőségre gyakorolt hatását bemutató korábbi szakirodalmi eredmények ellentmondásosak: több szerző arról számolt be, hogy a hőmérséklet nem befolyásolja az emészthetőséget (Cho et al., 1982; Iwata et al., 1994), míg mások az ADC emelkedését figyelték meg a hőmérséklet növekedésével (Choubert et al., 1982; Oliva-Teles & Rodrigues, 1991). Az ellentmondások oka a vizsgált hőmérséklet-tartományokban keresendő. Brauge (1994) tanulmánya alapján szivárványos pisztráng esetén a fehérje ADC-jére nem volt hatással a

víz hőmérséklete a fajok optimális hőmérsékleti tartományában, azonban ezen az intervallumon kívül már különbségeket figyelt meg. A ponty növekedéséhez és tápanyag-hasznosításához az optimális hőmérséklet-tartomány 20–25 °C (Watanabe et al., 1996). Jelen tanulmány eredményei alapján a szárazanyag- és a fehérje emészthetősége csökkent a vízhőmérséklet növekedésével (20–30 °C), amely által kijelenthető, hogy a hőmérséklet és emészthetőség között közvetlen összefüggés van. Ezzel szemben a víz hőmérséklete nem befolyásolta a foszfor emészthetőségét. Kim és munkatársai (1998), valamint Yamamoto és munkatársai (2007) is arról számoltak be, hogy a foszfor felszívódását nem befolyásolta a víz hőmérséklete.

Jelen kísérlet során elsősorban az emészthetőséget vizsgáltam, nem a növekedési teljesítményt. Mivel azonban a növekedési teljesítmény egy fontos hatásváltozó egy alkotóelem-értékelő tanulmányban, így annak meghatározását is elvégeztem. Megállapítottam, hogy a 30% DDGS tartalmú takarmány alkalmazása nem volt hatással a ponty növekedési teljesítményére és takarmány-hasznosítására. Korábbi tanulmányok alapján (Cheng és Hardy, 2004a; Coyle et al., 2004; Webster et al., 1991, 1993a) közepes bekeverési szintű (15–30%) DDGS használata ígéretesnek bizonyult pettyes harcsa, tilápia és szivárványos pisztráng esetén. Azonban a referenciatakarmány fehérje emészthetőségi együtthatója magasabb, míg a fehérje hatékonysági aránya alacsonyabb volt a DDGS tartalmú takarmány alkalmazása esetén megfigyelt értékekhez képest. Ez az eredmény a DDGS tartalmú takarmány alacsonyabb fehérje-, és magasabb zsírtartalmával magyarázható a referenciatakarmányhoz képest. Megállapítottam, hogy a ponty DDGS-t tartalmazó, megfelelő fehérjetartalmú takarmánnyal való etetése nem eredményez eltérést a növekedési teljesítményben, mint például más alternatív takarmányalkotó, az olajtalanított rizskorpa-tartalmú takarmány használatával ellentétben (Kumar et al., 2017). A halak növekedését befolyásolja a víz hőmérséklete is. Jobling (1994), McCarthy és Houlihan (1997) publikációja alapján a hőmérséklet közvetlenül befolyásolhatja a takarmányfelvételt, anyagcserét, fehérjeciklust, és ezek által a növekedési teljesítményt is. A halak növekedése aszimmetrikus mintázatok alapján történik, fokozatosan növekszik egy maximum értékig optimális hőmérséklet esetén (McCarthy et al., 1999). Azonban az optimális hőmérséklet fölött a növekedési teljesítmény hirtelen lecsökken. Ennek megfelelően a fehérje- és takarmányhasznosítás csökkenését figyeltem meg ponty esetén az optimális tartománynál (20–25 °C) magasabb hőmérsékleten (30 °C). Jobling (1997) ezt azzal magyarázta, hogy a hőmérsékletnek az optimális érték fölé emelkedése

korlátozza a halak növekedési potenciálját az anyagcsere-szükségletek növekedése és a rendelkezésre álló oxigén mennyiségének csökkenése miatt.

A halak egész testre vonatkoztatott közvetlen összetétele nem változott számottevően a kukorica DDGS tartalmú takarmány alkalmazásának, vagy a hőmérséklet 20 °C-ról 30 °C-ra történő emelésének következtében. Ez az eredmény összhangban volt Obirikorang et al. (2016) és Kumar et al. (2017) publikációjával, melyben az agráripari melléktermékekkel etetett nílusi tilápia és az olajtalanított rizskorpával etetett rohu (*Labeo rohita*) esetén azok közvetlen testösszetételében számottevő különbséget nem figyeltek meg.

6.1.2 Emészthetőség vizsgálat európai harcsa esetében

Az adott vizsgált takarmány-összetevő emészthetőségére a szárazanyag ADC egy becsült értéket ad, ahol az alacsony érték azt jelöli, hogy a takarmányban nagy mennyiségű emészthetetlen anyag van jelen. Európai harcsa (*Silurus glanis*) esetén nincs publikált adat a növényi táplálék összetevőinek emészthetőségi együtthatójáról, ezért más harcsafélékkel vagy húsevő halfajokkal végzett vizsgálatok elemzése lehetséges. A kutatómunkám során a DDGS szárazanyag-tartalmára megállapított ADC érték (49,4%) összevethető volt a Li et al. (2013) által megállapított értékkel (50,8%). Az alacsony ADC érték a nagy mennyiségű nitrogénmentes kivonattal hozható összefüggésbe, amely elsősorban oldhatatlan fehérjéből (NSP) áll, így az nem emészthető húsevő halak számára. A közelmúltban a DDGS nyersfehérje ADC-jére 86,9%-os értékről számoltak be európai aranydurbincs esetén, és a sashal (*Argyrosomus regius*) esetén is az értékek 92–96% között váltakoztak (Magalhães et al. 2015). A kukorica DDGS-ben levő fehérjére megállapított ADC egyértelműen alacsonyabb volt szivárványos pisztráng (80,8%) esetén (Øverland et al., 2013). Búza DDGS-ben a nílusi tilápia esetén ez az érték 91,0% volt (Haidar et al., 2016). Ennek oka a különböző fajok étkezési szokásainak és anyagcseréjének eltéréseivel hozható összefüggésbe. Az általam megállapított érték (73,4%) jelentősen alacsonyabb volt a különböző fajokra megállapított fenti értékekhez képest. Da et al. (2013) által publikált adatok alapján ázsiai cápaharcsa (*Pangasianodon hypothalamus*) esetén a kukoricafehérje emészthetőség értéke (66%) jelentősen alacsonyabb a szójafehérje emészthetőségéhez (91,3%) képest. A kukoricafehérje ADC-je hasonlóan alacsony (51,4%; Silva et al., 2013) *Pseudoplatystoma reticulatum* esetén, amely egy dél-amerikai, húsevő harcsaféle.

A fehérjék emészthetősége és tápértéke azok aminosav-összetételével korrelál. A kutatómunkám során meghatározott esszenciális aminosav emészthetőség a legtöbb esetben 80% fölött volt, kivéve a cisztin, lizin, arginin és hisztidin esetében. Li et al. (2013) által a pettyes harcsára meghatározott ADC értékek kismértékben magasabbak voltak az általam meghatározott értékeknél, különösképp a fent említett aminosavakra vonatkozólag. Pettyes harcsa esetén a lizin a legkevésbé emészthető (72,4%) aminosav. Ázsiai cápaharcsa esetén a kukoricában a lizin ADC-je volt a legalacsonyabb, azonban szójalisztnél ez az érték 94,2% volt (Da et al., 2013).

A kukorica DDGS-ben a nyerszsír emészthetősége jelentősen jobb volt a pettyes harcsánál (93,8%) mint az európai harcsánál (77,4%; általam meghatározott érték) és a sügér hibridnél (*Morone chrysops x Menticirrhus saxatilis*) (68,7%) (Thompson et al., 2008). A különböző tanulmányokban a DDGS látszólagos emészthetőségi együtthatójára meghatározott eltérő értékek oka lehet a különböző feldolgozási körülmények, táplálék összetevők, takarmányösszetétel, ürülékgyűjtési módszerek, a halfajok eltérő emésztési fiziológiája, illetve az egyéb kísérleti körülmények.

Jól ismert, hogy a DDGS-ből a foszfor biológiailag könnyen hasznosítható a halak számára (USGC, 2012) más állati vagy növényi eredetű takarmány-összetevőkhöz képest. Ez a tény európai harcsa esetén is megfigyelhető kísérleti úton. Ponty esetén a foszfor ADC-je szójaliszt koncentrátum esetén 25-29%, heringből készült hallisztnél 34% (Kim et al., 1998). Prabhu et al. (2019) szárított búzatörkölynél 78,1%-ot mértek ponty esetén, amely a legmagasabb érték volt a vizsgált takarmányok (egész borsó, napraforgóliszt, hidrolizált tolliszt) közül. A kukorica DDGS magasabb emészthetősége a kukorica erjedése során bekövetkező hidrolízisre és a fitátszint csökkenésére vezethető vissza. A halliszt vízi élőlényeknek szánt takarmányokban történő alkalmazása rávilágított a gabonamagvakban levő fitát fontosságára, mivel az negatív hatással van a növekedésre, a tápanyag- és energiahasznosításra, illetve az ásványianyag-felvételre. A növényekben tárolt foszfor 50-80%-a fitát formában tárolódik (Ravindran et al., 1995), amely ebben a formában a halak számára biológiailag nem hasznosítható a fitáz emésztőenzim hiánya miatt. Továbbá, a fitát csökkentheti más tápanyagok emészthetőségét azok kationként aminosavakhoz, lipidekhez és fehérjékhez történő kötődésével (Kumar et al., 2012). Összegzésképp feltételezhető, hogy a DDGS jól hozzáférhető foszforforrást jelent, és számos halfaj igényeit kielégíti. A DDGS akvakultúrában történő használatának egy másik előnye lehet, hogy annak viszonylag jól emészthető foszfortartalma miatt a foszfor kiválasztása is csökkenthető.

6.2 Zárt, kontrollált rendszerben végzett takarmányozási kísérletek

6.2.1 Takarmányozási kísérlet ponty esetében

Ebben a kísérletben megbizonyosodtam arról, hogy a ponty (*Cyprinus carpio*) takarmányaiban található szójaliszt és kukorica helyettesítése szárított kukoricatörköllyel pozitív hatással volt a ponty növekedési teljesítményére. Hasonló tendenciát figyeltem meg pettyes harcsa (*Ictalurus punctatus*), szivárványos pisztráng (*Oncorhynchus mykiss*) és nílusi tilápia (*Oreochromis niloticus*) (Wu et al., 1996a, 1997) fajokon végzett kutatási eredmények elemzése során is. Egy másik tanulmányban azonban csökkenést figyeltek meg a nílusi tilápia növekedési teljesítményében a DDGS alkalmazását követően, melynek mennyiségét egészen 20 %-ig növelték (Gabr et al., 2013). Ponty esetén a DDGS tartalmú takarmány felhasználása előnyösebbnek bizonyult a magas szójaliszt és kukorica tartalmú takarmányokhoz képest. Ezzel alátámasztottam, hogy a DDGS egy könnyen emészthető, jól használható takarmány a ponty számára. 40%-os DDGS-tartalmú összetett takarmány alkalmazása esetén a fehérje termelékenység és fehérje hatékonysági arány összemérhető volt olyan tanulmányokkal, ahol más növényi fehérjealapú takarmányt használtak (Hasan et al., 1997).

A DDGS-tartamú takarmányoknak jótékony hatása volt a ponty testösszetételére, mivel annak zsírtartalmát csökkentette, fehérjetartalmát pedig növelte. Khalil és El-sharkawy 2013-as tanulmányukban azonban ezzel ellentétes hatásokról számolt be nílusi tilápia esetében. A csökkent testzsírtartalom összhangban volt a vérplazma összkoleszterin (TC) és triglicerid (TG) értékével. A DDGS tartalmú takarmánnyal etetett csoportokban a hepatoszomatikus index (HSI) és belsőség index (VSI) értékek csökkenése összhangban volt a DDGS hasznos hatásával az egész testre vonatkoztatott összetétel vonatkozásában. Schaeffer et al. (2009) a HSI értékek hasonló csökkenését figyelték meg a 40 %-os DDGS tartalmú takarmánnyal etetett nílusi tilápiák esetén.

A bélmintákban a kísérleti csoportok között szövettani eltérések – bélhurut jellemzők, kehelysejt méret és hámvastagság vonatkozásában – nem voltak megfigyelhetők a kísérleti csoporthoz képest, ellentétben a szójaliszt diéta alkalmazása esetén megfigyelt hatásokkal (Urán et al., 2008). Markovic és munkatársai (2012). megállapították, hogy ideális élesztő: szójaliszt takarmány alapanyag arány alkalmazásával a bélhurut tünetei csökkenthetők. Összetett takarmánnyal etetett halak máj szövetkórtana alapján gyakran figyelhető meg zsírfelhalmozódás, sejtnedvüreg

degeneráció, hipertrófia és májsejt degeneráció (Coz-Rakovac et al., 2005; Bilen & Bilen, 2013). Ilyen elváltozások jelen vizsgálat során is felléptek. Májsejt elhalást (hepatocelluláris nekrózis) csak néhány minta esetén figyeltem meg, melyek ezáltal nem voltak felhasználhatóak a jellemzéshez. Caballero et al. (2002), Pereira et al. (2002), Figueredo-Silva et al. (2005) és Fountoulaki et al. (2009) szintén nem figyeltek meg májat érintő szövettani változásokat a kísérleti csoportok között, amikor a szivárványos pisztráng, farkassügér és aranydurbincs takarmányaiban a halolajat növényi olajra cserélték. A növényi fehérjeforrásoknak sajnos jelentős antinutritív anyag (ANF) tartalma van. Amennyiben ezeket felhasználják a halak étrendjében, akkor az kihatással lehet az egészségükre (Francis et al., 2001b). Tacon (1992) szerint a legtöbb takarmányozással összefüggő szövettani változás okai az antinutritív anyagok, ugyanakkor jelen esetben a DDGS ezeket nem tartalmazza, így nem vezethető vissza rá a megfigyelt elváltozás.

A vérplazmára vonatkozó biokémiai referenciaértékek hiányában az eredmények nehezen vethetőek össze más tanulmányokkal (Coz-Rakovac et al., 2005). Az eredmények továbbá nagyban függenek a hal fajától, méretétől és a környezeti körülményektől (Bowser, 1993; Chen et al., 2003). Az alanin-amino-transzferáz (ALT), aszpartát aminotranszferáz (AST) és gamma-glutamil-transzferáz (GGT) enzimek a máj károsodását jelző paraméterek. Jelen tanulmányban a ponty plazmájának biokémiai paramétereiben számottevő különbséget nem figyeltem meg a kísérleti csoporthoz képest. A GGT 2,5 U/l alatt volt, amely normál értéknek tekinthető kezeletlen (DDGS-sel nem etetett) ponty (Velisek et al., 2009) és nílusi tilápia (Chen et al., 2003) esetén. Az AST és alkalikus foszfatáz (AP) értékek nem különböztek számottevően a viszonylag magas szórás miatt. Míg az ALT alacsonyabb, addig az AST és AP értékek magasabbak voltak, mint Wang et al. (2014) publikációjában, ahol a szójalisztet gyapotmaggal helyettesítettek a ponty étrendjében. Glencross et al. (2011) hasonlóan alacsony ALT – habár barramundi (*Lates calcarifer*) esetén magasabb alkalikus foszfatáz (ALP) – értékekről számoltak be ellentétben olyan tanulmányokkal, ahol a halliszten alapuló étrendet növényi alapú takarmánnyal helyettesítették. A szerzők szerint a máj károsodásának fő indikátora lehet az ALT aktivitása. A vérplazma ALT szintje viszonylag alacsony volt és az ALP szint nem változott jelentősen a vizsgált csoportok között, rámutatva arra, hogy a ponty esetén a DDGS nem okoz májkárosodást. A sejtek alapvető energiaforrásai, a TG és TC – amelyek a sejtmembrán fontos összetevői, illetve a szteroid alapú hormonok prekurzorai – a halak tápláltsági fokát jelzik (Groff & Zinkl, 1999). A ponty esetén a TG és TC értékekben számottevő különbségeket nem figyeltem meg.

A vérplazma magasabb amiláz és lipáz tartalma heveny hasnyálmirigy-gyulladásra utal, habár ezek az értékek változóak és gyakran vannak összefüggésben a halak étkezési szokásaival (Thrall et al., 2012). Jelen tanulmányban a kísérleti csoportok plazmájának lipáz, illetve amiláz értékeiben nem figyeltem meg különbségeket.

A test zsírsav-összetétele szempontjából az etetett takarmány a legfontosabb tényező (Miles & Chapman, 2015). A teljes többszörösen telítetlen zsírsav tartalom növekedett a kukorica DDGS jelenléte miatt, míg a telített zsírsavtartalom az takarmányban lévő állati eredetű melléktermékek miatt emelkedett. A 20:4n-6 nagymértékű endogén termelődése a 18:2n-6 hozzáférhetőségére és erőteljes visszatartására utal, különösen a DDGS 40 csoport esetén. Az étrendben az n-3 rendkívül alacsony mennyisége hozzájárult a máj alacsony n-3 és n-3/n-6 arányához, illetve az alacsony eikozapentaénsav (EPA) és dokozahexaénsav (DHA) összeghez. Továbbá, a mediszsav (MEAD) és a 20:3n-9 zsírsav jelenléte az esszenciális zsírsavak elégtelenség indikátorai (Takeuchi és Watanabe, 1977). A nagy mennyiségű egyszeresen telített zsírsavak (MUFA – monounsaturated fatty acids) jelenléte (18:1n-9 és 16:1n-7) a máj zsírosodását jelzik, melyek a minták teljes lipidszintjén is megfigyelhetőek voltak. A teljes lipid mennyiség (mg/g) jelentősen eltért a DDGS 40 - DDGS 20 és a DDGS 40 - DDGS 0 (kontroll) csoportok között. A legnagyobb mértékű zsírlerakódást a DDGS 00 csoport esetén figyeltem meg.

6.2.2 Takarmányozási kísérlet európai harcsa esetében

A DDGS elfogadható takarmány-összetevőnek tekinthető több vizsgált halfaj számára (USGC, 2012). Növényi eredetű fehérjék különböző haltakarmányokba történő bekeveréséről számos publikáció jelent meg, azonban a szakirodalomban kevés tanulmány számol be a halliszt lecseréléséről európai harcsa esetében (Bekcan et al., 2006). Ennek valószínűleg a halfaj kisebb mértékű jelentősége az oka, amely különösképp igaz intenzív tartási rendszer esetén. Jelen tanulmányban olyan kísérleti takarmányokat készítettem, amelyeknek bizonyos összetevőit (baromfi húsliszt, búza, szójaolaj) egyre nagyobb mennyiségű DDGS-sel helyettesítettem egészen addig, amíg a halliszt és halolaj szintje konstans alacsony értéken volt tartható (20% és 1,5%). A takarmányok azonos mennyiségű nitrogént tartalmaztak és gazdagok voltak szintetikus lizinben és metioninban annak érdekében, hogy a DDGS használata következtében fellépő esetleges aminosavhiány ellensúlyozható legyen (Kim et al., 2008). A DDGS

változó esszenciális aminosav-összetételének okai lehetnek a fehérjét nem tartalmazó nitrogén forrásokban fellelhető különbségek, a szárítás hőmérséklete és időtartama, és az élesztő aminosav-tartalmának hozzájárulása az összes aminosav-tartalomhoz (Liu, 2011). A takarmányozási kísérleteim eredményei azt mutatják, hogy a 0, 10, 20 és 30% DDGS-t tartalmazó takarmányok használatával számottevő különbség nem volt megfigyelhető a fehérje- és takarmány-hasznosítási együtthatókban, illetve a biometrikus indexekben. Webster et al. (1993b) hasonló kísérleteket hajtottak végre, melyek során a ketrecben tenyésztett pettyes harcsanövendékek takarmányának kukorica és szójaliszt tartalmát 0, 10, 20, illetve 30%-ban helyettesítették DDGS-sel. Az egyes halak tömegében, takarmány-hasznosításában, teljes testösszetételében, a vágási hulladékban (fej, pikkely, belsőségek) és a filék érzékszervi (organoleptikus) tulajdonságaiban nem figyeltek meg különbségeket a különböző takarmányok használatának következtében. Robinson és Li a tanulmányukban (2008) megállapították, hogy a pettyes harcsa takarmányában a DDGS 30%-ig történő bekeverése jótékony hatással volt a növekedési teljesítményre, amikor a takarmányhoz szintetikus lizint is hozzáadtak. Egy hasonló tanulmányban Zhou et al. (2010) szója- és kukoricaliszt takarmányhoz adtak hozzá DDGS-t és megfigyelték, hogy 30%-os DDGS-tartalom serkentette a növekedést, a takarmányhasznosítást és fehérjevisszatartást hibrid harcsanövendékek (pettyes harcsa x kék harcsa, *Ictalurus furcatus*) esetén. Megállapították, hogy a DDGS 30%-ig hozzáadható a pettyes harcsa takarmányához anélkül, hogy az károsan befolyásolná annak életben maradását, növekedését, takarmányhasznosítását és a filé ízminőségét. Ezekből a pettyes harcsára megállapított adatokból párhuzamot vonni az európai harcsára csak körültekintéssel lehet, mivel az előbbi egy opportunista mindenevő hal (Lovell, 1977), míg az utóbbi húsevő. Amikor a hallisztet különböző arányban magas fehérjetartalmú DDGS-re (HP-DDGS) cserélték az ázsiai cápaharcsa takarmányában, akkor negatív tendenciát figyeltek meg a növekedésben és a tápanyag-hasznosításban az aminosav egyensúlyhiány következtében (Allam et al., 2019).

Az európai harcsa teljes testösszetételére és a filé beltartalmi összetételére nem volt hatással a DDGS használata a kísérletek során. Statisztikailag igazolható különbségek sem voltak megfigyelhetők a plazma biokémiai paramétereiben, azonban a DDGS 20 és DDGS 30 csoport esetén kevesebb vakuolizált hepatocita volt jelen a máj szövettani metszeteiben. Más halfajok esetén bemutatták, hogy magas bekeverési szintű DDGS-tartalmú takarmány használata csökkentette a teljes testre vonatkoztatott lipid- és energiatartalom szintjét (Webster et al., 1991; Robinson és Li, 2008, Diógenes et al.,

2018), amit az emészthető energiabevitel csökkenésével magyaráztak. Diógenes et al. a tanulmányukban (2018) nagy rombuszhal esetén megfigyelték, hogy a halliszt DDGS-sel történő cseréje csökkentette a plazma triglicerid- és koleszterinszintjét, amit a DDGS-tartalmú takarmánnyal etetett halak csökkent takarmány-felvételének tulajdonítottak. Azonban amikor aranydurbincs esetében a szójalisztalapú takarmányt cserélték le DDGS-sel, akkor ugyanezek a paraméterek növekedtek a DDGS bekeverési szintjének növekedésével (Peres et al., 2013). A kutatómunkám során alkalmazott takarmányokban a halliszt és szójaliszt szintje változatlan volt. A takarmányok zsírsav-összetételében nem, csak a teljes lipidtartalomban figyeltem meg különbséget. Ismert, hogy a halolaj növényi olajjal történő cseréje befolyásolja az aranydurbincs plazmájának koleszterin és triglicerid szintjét (Caballero et al., 2006; Castro et al., 2016). Az élesztő jelenléte a DDGS-ben feltételezhetően befolyásolhatja a plazma lipid összetételét (Ingledew, 1999). Kumar et al. (2013), illetve Øverland et al. (2013) a plazma koleszterinszintjében csökkenést figyeltek meg, míg Mohebbi et al. (2013) a plazma koleszterinszintjében növekedésről, a triglicerid értékekben pedig csökkenésről számoltak be. Allam et al. (2019) a HP-DDGS-sel etetett ázsiai cápaharcsa szérumában a bekeverési szint növekedésével a teljes protein-, albumin-, globulin-, és glükózszintben csökkenést figyeltek meg, azonban az összes közölt paraméter nagyobb volt az általam mért adatoknál.

A hepatociták szerkezetében a változások rendszerint a toxikus vegyületek jelenlétéből erednek, azonban annak takarmányozásból eredeztethető okai is lehetnek. A vakuolizáció szintje utalhat a glikogén vagy lipid formában raktározott energiára (Wolf és Wheeler, 2018). Bilen és Bilen (2013) publikációjukban arról számoltak be, hogy a fogságban tartott halak a kisebb fizikai aktivitás miatt sokkal több szénhidrátot raktároznak a májukban, mint amennyire szükségük van. Ezt a jelenséget számos kutató publikálta, mivel ez az egyik leggyakoribb, nem fertőzésből eredő, táplálkozási eredetű betegség (Shefat és Karim, 2018). Eredményeim alapján a DDGS hozzáadása a takarmányhoz csökkenő tendenciát eredményez a máj vakuolizáció és hipertrófia vonatkozásában. Habár az alkalmazott takarmányok azonos nitrogén- és energiatartalmúak voltak, a DDGS 30 csoport nyerszsírtartalma volt a legalacsonyabb. Ez a kis különbség és a jobb zsírsavösszetétel kisebb mértékű vakuolizációt, jobb tápanyaghasznosítást és egészségesebb májszövetet eredményezett.

Néhány összetevő károsan befolyásolhatja a bél hámszövetét (Atalah et al., 2007), azonban jelen tanulmányban ilyen hatást nem figyeltem meg.

A kezelések során a máj telített és egyszeresen telítetlen (monoén) zsírsavszintjében megfigyelt különbségek arra utalnak, hogy a DDGS bekeverése a takarmányba pozitívan befolyásolta az európai harcsa zsírsav anyagcseréjét. A máj monoén zsírsavszintjében megfigyelt csökkenés a takarmány baromfi húsliszt-tartalmának csökkenésével egyidejűleg lépett fel, ami arra utal, hogy az elzsírosodás szempontjából fontos tényező a baromfi húsliszt. A kontroll csoportban a MUFA magas aránya májnagyobbodásra utal (Torstensen, 2011), melyet a magas teljes lipidtartalom is alátámasztott. Hasonló hatást tapasztaltam a pontynál, ahol ugyancsak a DDGS 0 csoportnál figyeltem meg a legnagyobb zsírlerakódást. A máj szövettani felmérése és a plazma ALT illetve ALP aktivitás mérései alapján a májszövet károsodása nem volt megfigyelhető egyik vizsgált kísérleti csoportnál sem. A DDGS bekeverését követően megfigyelt növekedés a máj telített zsírsavtartalmában nem volt magyarázható a takarmányok telített zsírsav, nyerszsír és teljes lipidtartalmában megfigyelt kis különbségekkel. Ponty esetén ez a tendencia nem volt megfigyelhető. Erre egy lehetséges magyarázat a szójaolaj szintjének csökkenése lehet, de ennek alátámasztására további kísérletek szükségesek.

6.3 Félüzemi, tavi etetési kísérlet ponttyal

A kísérlet első felében, a 10 hétig tartó időszak alatt, kiegészítő takarmányozás mellett a specifikus növekedési ráta (SGR) a 2 évnél idősebb pontyok esetén 0,97%/nap (kísérleti csoport) és 1,09%/nap (kontroll csoport) volt, míg az 1 évnél idősebb csoport esetén az SGR 1,96%/napnak (kísérleti csoport), illetve 1,91%/napnak (kontroll csoport) adódott. Ezek a növekedési ütemek összhangban vannak a közép-európai klíma esetén a gabonaalapú fél-intenzív technológiákra megállapított értékkel (Ruttkay, 2016). Az idény második felében a magas növekedési ütemet összetett takarmány etetésével biztosítottam.

A teljes idényre vonatkoztatva mind a gabonaalapú kiegészítő takarmánnyal, mind az összetett takarmánnyal etetett ponty kultúra esetén érdemes a kísérletnek a termelési teljesítményre vonatkozó indikátorait vizsgálni, mivel kombinált takarmányozási ütemtervet (gabona és összetett takarmány) alkalmaztam. A kísérlet során megállapítottam, hogy a ponty takarmányába a DDGS bekeverése növelte a termelési teljesítményt a kontroll étrendként alkalmazott hagyományos gabona takarmányhoz viszonyítva. A termelési hatékonyság indikátorok (növekedés, takarmányhasznosítás, jövedelmezőség) összehasonlításakor megállapítottam, hogy a biomassza súlygyarapodási aránya (a kitermelt és tárolt biomassza aránya) jobb volt.

A jó zooplankton ellátottságnak és takarmányozási technológiának köszönhetően a halak növekedési üteme a tenyésztési idényben jelentős volt. 1,5-ös medián takarmány-hasznosítási rátáról számoltak be Kínában pontyok esetén, mely elemzés során számos típusú rendszert elemeztek (Chiu et al., 2013), míg a globális átlagérték 1,8 (Tacon & Metian, 2008). Ennél általában gyengébb értékek jellemzőek fél-intenzív pontytenyésztési rendszereknél (például Mráz et al. 2012-ben 2,35-ös értékről számoltak be), melyekben a gabonát kiegészítő takarmányként használják. Jelen esetben a növendékek specifikus növekedési üteme kétszer nagyobb volt a kifejlett állapotú egyedekhez képest, ezzel párhuzamosan háromszoros súlygyarapodást figyeltem meg. Több tanulmányban megállapították, hogy a DDGS-t tartalmazó takarmány pozitívan befolyásolja a halak növekedését és termelési paramétereit (Li et al., 2011a; Øverland et al., 2013; Wu et al., 1996a, 1997). A takarmány-hasznosulási ráta (FCR) és fehérjehasznosulási ráta (PER) nagymértékben eltért ($p<0,05$) a vizsgált csoportok között. A DDGS-sel kezelt kísérleti csoportoknál jelentősen jobb értékeket figyeltem meg annak ellenére, hogy a kontroll csoport takarmányának esszenciális aminosav-tartalma kedvezőbb volt. Hasonló tendenciát figyeltem meg a fehérjetermelékenységi értékre (PPV), azonban statisztikailag igazolható különbség nélkül. A bruttó hozam mindkét csoport esetén jelentős mértékű volt, azonban a kísérleti csoport esetén magasabb értéket figyeltem meg. A pontynövendékek viszonylag alacsony mortalitás szintje valószínűsíthetően a kedvező időjárási körülményeknek, vízminőségnek, és a halastavak megfelelő menedzsmentjének tudható be. Összegzésképp megállapítottam, hogy az összes termelési- és tápanyag-hasznosítási paraméter messzemenően kielégítő volt mindkét csoport esetén.

Az takarmány-összetevőknek nem volt káros hatása a pontyfilé beltartalmi összetételére, melyet piaci méretű egyedek vizsgálata során határoztam meg. A zsírtartalom, amely a hús minőségének az egyik legfontosabb indikátora, a szokásos módon változott a tavi rendszerekben nagy egyéni változékonysággal. A hagyományos pontytenyésztés során gabona kiegészítéssel takarmányozott halakból előállított pontyfilé zsírtartalma általában jelentősen magasabb (10-15%), mint a magasabb fehérjetartalmú takarmánnyal etetett halaknál (Geri et al., 1995; Sándor et al., 2020; Trbović et al., 2013). A magas energiatartalmú takarmányok nemcsak a filé növekedést, hanem annak zsírtartalmát is növelték, míg a fehérjetartalom nem változott (Kaushik, 1995). Látszólag a testtömeg pozitívan befolyásolta a belsőség és hepatoszomatikus indexek eredményét, de kismértékben hozzájárult a filé hozamának és a vágóértéknek a növekedéséhez is. Ezek a megfigyelések összhangban vannak Bauer és Schlott (2009) eredményeivel.

Általánosan elfogadott, hogy a filé hozamot számos tényező befolyásolja, ilyen a kor, súly, nem, és a testforma (de Souza et al., 2015). Például, nőivarú pontyok esetén a filé hozam jelentős csökkenését figyelték meg az ikrák lerakása előtt (Dubost et al., 1997). Az általam a pontyra meghatározott elérhető vágóérték (70%) és filé hozam (36%) jó összhangban vannak korábbi munkák eredményeivel (Bauer és Schlott, 2009; Dubost et al., 1997). Érdekes módon Varga et al. (2013) 44%-os átlagos filéhozamot állapítottak meg négy különböző magyar pontyfajta esetén. Prchal et al. (2020) 50%-os filé hozamról számoltak be koi ponty esetén, amely magasabb a pontyra meghatározott átlagos értéknél. Ezek a különbségek valószínűsíthetően az eltérő filézési módszerekkel (kereskedelmi és kísérleti) magyarázhatóak.

Jól ismert, hogy a halak zsírsavösszetételét nagymértékben befolyásolja az adott takarmány lipid profilja. Ez a tény jelen munkában is jól megfigyelhető a linolénsav (18:2n-6), a teljes n-6, és a teljes PUFA értékeken, melyeket nagyban befolyásolta a DDGS zsírsav profilja. A többi zsírsav szintje nem tért el jelentősen a kezelések során. A takarmányok zsírsav-összetétele utal a takarmány alapanyag összetételére. A piaci méretű halfilékben az olajsav értéke általában magasabb. Sajnos a hosszú láncú többszörösen telítetlen zsírsavak (LcPUFA) alacsony szintje volt jellemző mindkét csoportra, annak ellenére hogy a természetes táplálékon keresztül elérhető forrás található a tavakban. Ebből kifolyólag az értékesítés előtti utolsó nevelési szakaszban mindenképp javasolt a halakat optimalizált összetett takarmányokkal etetni, hogy a szövetek n-3 szintje minél magasabb legyen (Mráz et al., 2012).

A filék fizikai jellemzőiről mért adatok jó összhangban vannak korábbi tanulmányokban foglalt értékekkel, ahol a hús minőségét hazai környezetben vizsgálták (Varga et al., 2013). A fizikai jellemzők (víztartó kapacitás, pH, szín) figyelembevételével megállapítottam, hogy a filéminták azonosak voltak és megfeleltek a hazai vevői igényeknek, nem károsodtak az altatás, illetve szállítás során (Varga et al., 2014). A nedvességtartalom-veszteség mértéke minden típus esetén (indukált: főzésből és felengedésből eredő veszteség, spontán: csepegési veszteség) kismértékben alacsonyabb volt a kísérleti csoportnál, mint a kontroll csoportnál. Ezek az eredmények jó összhangban vannak a ponty húsának víztartó képességére meghatározott értékekkel (Varga et al., 2013). Az izomsejten belüli vízveszteség az izomrostok merevgörcsös összehúzódása (csepegési veszteség) miatt következett be, mely végül előidézte a hullamerevséget. A folyamat során a vékony izomrostok fehérjekomponensei lebomlanak. A felengedésből eredő veszteség mellett a fagyasztás megbontja a

sejtmembránt (Nakazawa és Okazaki, 2020), a Z-vonalat és a fonalas szerkezetet is (Takahashi et al., 1993). A felengedés utáni bomlási folyamat az izomrost körüli kálcium koncentráció növekedésével hozható összefüggésbe, amely következtében további izom-összehúzódások mehetnek végbe, és a sérült membránszerkezeten keresztül további folyadékveszteség léphet fel. A felengedési veszteség mértéke elsősorban a fehérjékhez köthető (Vara et al., 2013).

A hal elpusztulását követően fizikai-kémiai lebomlási folyamatok indulnak el a szövetekben. A laktát az anaerob anyagcsere végtermékeként felhalmozódik az izomban. Ez a hal húsának pH-értékének csökkenését eredményezi a levágást követő első 24 órában. A pontyfilé pH-jának mérési eredményei jó összhangban voltak korábbi publikációkkal (Faconneau, 1995; Varga et al., 2013).

A gabonatakarmány használata – függetlenül a különböző környezeti körülményektől – azonos hússzínt eredményez (Varga et al., 2013). Az átlagostól eltérő takarmányok (mint például a dió) használatát követően a hús világosság értékében (L-érték) csak kis különbségeket lehetett megfigyelni (Varga et al., 2013). Jelen tanulmányban a kontroll és kísérleti csoport között nem figyeltem meg különbséget a szín vonatkozásában. Ezeket az eredményeket más kutatók is alátámasztották. Herath et al. (2016) arról számoltak be, hogy a táplálkozási terápiák nem befolyásolták a DDGS-sel etetett nílusi tilápia húsának világosságát, vörösségét és sárgaságát. Eredményeim alapján a DDGS bekeverése a takarmányba (40%-ban) nem befolyásolta negatívan a filé víztartó kapacitását, pH-ját és színét.

A halak egészségének szempontjából a vérkémiai paraméterek vizsgálata fontos, hogy képet kaphassunk az aktuális élettani helyzetről. Számos vérparaméter indikálja a tápláltsági szintet, anyagcserét, stressz-szintet és a betegségeket. Az egyes pontyvonalak között eltérő biokémiai vérparamétereket állapítottak meg stresszhatás, takarmánymegvonás bekövetkeztével (Hancz et al., 2000; Svetina et al., 2002). Stresszhatás során a halak olyan anyagcsere útvonalakat aktiválnak, amelyek azonnali energia előállításhoz vezetnek, ilyenek a lipid és triglicerid anyagcsere, ekkor csökken a vérplazma szintjük (Montero et al., 1999). Jelen kísérletben a többek között a helytelen takarmányozás, takarmányösszetétel okozhatott volna stresszhatást, ugyanakkor az egyes csoportok között az ezeket jelző paraméterek (GLU, TG, TC, TP) nem különböztek, nem mutattak ilyen jellegű hatást. A kapott vérkémiai paraméterek mindkét korosztály esetén összhangban voltak Svetina és munkatársai (2002) által leírt adatokkal, amelyek szintén tavi környezetben, pontyok megfigyelésén alapult. A TC és TG stabil értéke kedvező volt

az összetett takarmány etetés hatására. Statisztikailag igazolható különbség a foszfát-ion szintjében ismét beigazolódott az egyes takarmányok hatására, mégpedig a már korábban igazolt DDGS foszfor hozáférhetőség miatt.

A tógazdálkodásban, más akvakultúra szegmensekkel ellentétben, nem tudtak fajlagos költségcsökkentés elérni az elmúlt években. A bemeneti költségek egyenlőtlen emelkedése, a bérek jelentős növekedése és a munkaerőhiány az alkalmazott technológia és az inputfelhasználás átgondolására kell késztesse a hazai pontytermelőket (Gyalog, 2019).

A DDGS haltakarmányokban való alkalmazásának gazdasági előnyei az olcsóbb takarmányreceptek vagy a jobb termelési hatékonyság miatt merülhetnek fel, ami tükröződhet az infrastrukturális egységenkénti megnövekedett hozamban vagy a jobb takarmányhasznosításban. Egyes fajok esetében a termelési hatékonyság és a takarmányreceptúrák bekerülési költsége között kompromisszumok születnek, amikor a magas tápértékű drága összetevőket (pl.: halliszt) DDGS-sel helyettesítik. Coyle et al. (2004) és Allam et al. (2019) kisebb takarmányköltségről, ugyanakkor gyengébb növekedési teljesítményről és takarmányhasznosulásról számolt be nílusi tilápia és csíkos harcsa (*Platydoras armatulus*) esetében. Ilyen esetekben haszon csak akkor keletkezik, ha a takarmány egységköltségének csökkenése kompenzálja az alacsonyabb hozamokkal és a magasabb takarmányátalakítással járó gazdasági veszteséget. Ugyanakkor néhány mindenevő halfaj esetében, amelyek kereskedelmi takarmányai növényi összetevőkre alapozottak, ott a DDGS azok helyettesítésére is szolgálhat. Ekkor a recept költsége csökken, a növekedési teljesítmény pedig nő. Gazdasági szempontból ez azt jelenti, hogy a takarmányköltségből származó megtakarításokat a halak jobb növekedéséből eredő további gazdasági nyereségek egészítik ki (Oliveira et al., 2020). Jelen kísérlet esetében jelentős gazdasági előny mutatkozott a DDGS ponty összetett takarmányaiban való alkalmazása egy kereskedelmi forgalomban lévő formulához képest. Bár a 40 % DDGS-t tartalmazó takarmányrecept költsége csak valamivel alacsonyabb, mint a kereskedelmi formula, jelentős profit keletkezik - fenntartható, környezetbarát módon - a megnövekedett hektáronkénti bevételek miatt, amelyek a megnövekedett növekedési teljesítményhez köthetőek.

7. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Ponty esetében a DDGS tartalmú összetett takarmány szárazanyag és fehérje emészthetősége csökkent a vízhőmérséklet növekedésével (20–>30 ˚C), mely megerősíti a hőmérséklet és emészthetőség közti közvetlen összefüggést.
2. Meghatároztam és számszerűsítettem a DDGS látszólagos emészthetőségi mutatóit ponty esetében. Ez alátámasztotta, hogy a DDGS nyersfehérje emészthetősége jó, ezért eredményesen alkalmazható a pontytakarmányban alternatív fehérjeforrásként. Megállapítottam továbbá, hogy a kukorica DDGS jól emészthető foszforforrást jelent a ponty számára.
3. Meghatároztam és számszerűsítettem a DDGS látszólagos emészthetőségi mutatóit Európai harcsa esetében, melynek alapján megállapítottam, hogy a ragadozó életvitelű harcsa DDGS emészthetősége alacsonyabb, mint a pontyé.
4. Megállapítottam, hogy a ponty statisztikailag igazolhatóan eredményesen hasznosítja a 40% DDGS tartalmú összetett takarmányt. A máj zsírtartalma szignifikánsan csökkent a három hónapig tartó, magas DDGS-tartalmú (40%) takarmányozási időszakot követően. A vérplazma biokémiai tesztelésével sikeresen monitoroztam a halak metabolikus státuszát és egészségi állapotát. Ezek a paraméterek jó összhangban voltak a szövettani eredményekkel.
5. Kísérlettel igazoltam, hogy a harcsa növekedési lassulás nélkül, kedvezően hasznosította a 30 % DDGS tartalmú takarmányt. Ez az arány magasabb, mint a más fajoknál javasolt 10-20% közötti DDGS bekeverési arány. Továbbá a hozzáférhető foszfor mennyisége ezen halfaj esetében is növekedett a takarmány DDGS tartalmának függvényében, amely előnyös a foszforfelvétel és a felesleges foszfor kiválasztása szempontjából.
6. Félüzemi etetési kísérlet során bizonyítottam, hogy a DDGS tartalmú takarmány jobban teljesít egy kereskedelmi forgalomban lévő takarmányhoz képest. A DDGS tartalmú takarmány nem volt negatív hatással a filé kihozatalra és a húsminőségre. Gazdasági számításokkal igazoltan jobb pénzügyi teljesítményt figyeltem meg a DDGS-re alapozott összetett takarmány tavi etetésénél

8. ÖSSZEFOGLALÁS

A szárazanyag és fehérje látszólagos emészthetőségi együtthatók alapján megállapítottam, hogy a ponty a kukoricához hasonló kedvező mértékben képes emészteni a DDGS-t. A foszfor emészthetősége kiemelten magasabb más növényi alapanyagokhoz képest, köszönhetően az alacsony fitin-foszfor tartalomnak. Így a kukorica DDGS jól emészthető foszforforrást jelent a halak számára, ezáltal az takarmány-kiegészítőként alkalmazott szervetlen foszforra (mint pl. dikalcium-foszfát, monokalcium-foszfát) kevésbé van szükség. Ezáltal nemcsak a takarmányra fordított költség, de a halak által kiválasztott foszformennyiség is csökkenthető. Ponty esetén 20 °C-os vízhőmérséklet alkalmazásával jobb tápanyag emészthetőséget és magasabb növekedési teljesítményt figyeltem meg, mint 30 °C-os vízhőmérsékletnél. Végeredményben megállapítható, hogy a kukorica DDGS ígéretes lehet a ponty takarmányozásához.

Európai harcsa esetében megállapítottam, hogy a DDGS emészthetősége a nyersfehérje, nyerzsír esetében kisebb, a foszfor esetében magasabb, mint a pontynál meghatározott érték. Néhány esszenciális aminosav esetén a nyerfehérjénél magasabb ADC értéket határoztam meg (pl. leucin, izoleucin, metionin, prolin, treonin, valin), míg másoknál kisebbet (pl. lizin, arginin, hisztidin). Ez lehetőséget ad a DDGS tartalmú takarmányok szintetikus aminosavakkal történő precizebb kiegészítésére.

Hosszútávú takarmányozási kísérlet alapján megállapítottam, hogy a DDGS magas bekeverési szintig (40%-ig) történő alkalmazása megfelelő fehérje- és zsírforrást jelent a ponty számára. Kutatómunkám során bemutattam, hogy a máj zsírtartalma nagymértékben csökkent a három hónapig tartó, 40% DDGS tartalmú takarmány etetési időszakot követően. A vérplazma biokémiai tesztelésével sikeresen monitoroztam a halak metabolikus státuszát és egészségi állapotát. Ezek a paraméterek jó összhangban voltak a szövettani eredményekkel.

Az optimális DDGS tartalom meghatározása céljából vizsgáltam különböző DDGS bekeverésű takarmányokat, melynek során megállapítottam, hogy akár 30%-ban is használható az Európai harcsa takarmányozására a növekedési- és takarmányhasznosítási mutatók, és a takarmány emészthetőség csökkenése nélkül. Ez az arány magasabb, mint a más fajoknál javasolt DDGS bekeverési szint, mely 10-20% között van. Továbbá a hozzáférhető foszfor mennyisége ezen halfaj esetében is növekedett a takarmány DDGS

tartalmának függvényében, amely előnyös a foszforfelvétel és a felesleges foszfor kiválasztása szempontjából.

Félüzemi tavi kísérlet során végzett takarmányozási kísérlet alapján megállapítottam, hogy a 40% DDGS-tartalmú takarmány használata rendkívül jó termelési és takarmány-hasznosítási paramétereket eredményezett, ezáltal ígéretes összetevője lehet a jövőben a pontyok takarmányának. A gazdasági értékelés eredményei alapján a haltermelés költsége alacsonyabb a gyakorlatban használt takarmányok költségéhez képest, és a hektáronkénti nettó bevétel másfélszerese a kereskedelmi takarmányénak annak ellenére, hogy a DDGS piaci ára kismértékben alacsonyabb a kukoricához képest. Végezetül megállapítottam, hogy a termelt hal közvetlen összetételében, a hús minőségi jellemzőiben és a vágóértékben nem voltak jelentős különbségek. A termelt piaci méretű hal minőség tekintetében sem maradt el a termelésben hosszú ideje használt kereskedelmi takarmánnyal etetett halakhoz viszonyítva.

9. SUMMARY

In conclusion, results from the present study demonstrated that ADCs of dry matter and protein of corn DDGS were high and reflected that corn DDGS is a suitable ingredient for common carp. In addition, the dietary inclusion of corn DDGS contributes with a highly digestible phosphorous source that could reduce the need of supplemental inorganic phosphorus (i.e. dicalcium phosphate or monocalcium phosphate). This will not only reduce diet costs but also reduce the quantities of phosphorus that are excreted from the animal. Higher nutrient digestibility and growth performance of common carp at 20 °C compared with 30 °C was observed. Overall, corn DDGS seems to have high potential for inclusion in diets for common carp.

The results of the long term nutritional study indicated that DDGS at high inclusion levels (up to 40%) represents an appropriate dietary protein and fat source for carp. The study demonstrated that the decrement of liver fat deposition is remarkable after a three-months feeding period using diet with high percentage (40%) of DDGS. Blood plasma biochemical tests could successfully be used to monitor the metabolic balance and health status of fish. In our study, these parameters correlated with the histological results.

The apparent digestibility coefficients (ADC) of different experimental diets for dry matter and crude protein were similar, this fact pointed out that 30% inclusion of DDGS in the diet is preferable and utilizable by european catfish. Moreover, the available phosphorus increases with inclusion of DDGS in the diet, which is a benefit for phosphorus intake and waste discharge. In conclusion, results of this study revealed that ADCs of crude fat and phosphorus of corn DDGS were high and reflected in the DDGS as a suitable ingredient to use it in european catfish' diets up to 30%.

Based on a semi-industrial trial, carp feeding experiment was conducted throughout the season, it can be said that the feed containing 40% DDGS performed very well in terms of production and feed utilization parameters and could be a promising component of carp feed to be placed on the market in the future. Based on the results of the economic assessment, the cost of fish production was lower than the cost of feed used in practice and the net income per hectare is one and a half times the commercial feed, despite the fact that the market price of DDGS is slightly lower than that of maize.

I can conclude that no significant difference was found in proximate composition and meat quality parameters of fish produced, as well as in the dressing yield, which is probably due to the biological diversity of the aquculture system. At the same time,

quality of the fish produced with DDGS-based diet is favorable and they do not inferior to the meat quality values obtained by commercial feeds, which has been used in production for a long time.

10. MELLÉKLETEK

10.1 Irodalomjegyzék

A Bizottság (EU) 2017/893 Rendelete

Abdel-Warith, A. A., Russell, P. M., & Davies, S. J. (2001). Inclusion of a commercial poultry by-product meal as a protein replacement of fish meal in practical diets for African catfish Clarias gariepinus (Burchell 1822). Aquaculture Research, 32(Burchell 1822), 296–305. https://doi.org/10.1046/j.1355-557x.2001.00053.x

Abidi, S. F., & Khan, M. A. (2007). Dietary leucine requirement of fingerling Indian major carp, Labeo rohita (Hamilton). Aquaculture Research, 38(5), 478–486. https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2007.01687.x

Abo-State, H., Tahoun, A. M., & Hamouda, Y. A. (2009). Effect of replacement of soybean by DDGS combined with commercial phytase on Nile tilapia. In American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences (Vol. 5, Issue 4, pp. 473–479).

Ádám, V. (Ed.). (2001). Orvosi biokémia (2nd ed.). Medicina Könyvkiadó Rt.

Adel, M., Yeganeh, S., Dawood, M. A. O., Safari, R., & Radhakrishnan, S. (2017). Effects of Pediococcus pentosaceus supplementation on growth performance, intestinal microflora and disease resistance of white shrimp, Litopenaeus vannamei. Aquaculture Nutrition, 23(6), 1401–1409. https://doi.org/10.1111/anu.12515

Agrawal, N. K., & Mahajan, C. L. (1983). Pathology of vitamin B-6 deficiency in Channa (=Ophiocephalus) punctatus Bloch. Journal of Fish Diseases, 6(5), 439–450. https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.1983.tb00098.x

Ahmed, I., & Khan, M. A. (2006). Dietary branched-chain amino acid valine, isoleucine and leucine requirements of fingerling Indian major carp, Cirrhinus mrigala (Hamilton). The British Journal of Nutrition, 96(3), 450–45060. https://doi.org/10.1079/BJN20061845

Allam, B. W., Khalil, H. S., Mansour, A. T., Srour, T. M., Omar, E. A., & Nour, A. A. M. (2019). Impact of substitution of fish meal by high protein distillers dried grains on growth performance, plasma protein and economic benefit of striped catfish (Pangasianodon hypophthalmus). Aquaculture, 517, 734792. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734792

Allameh, S. K., Soofiani, N. M., & Pourreza, J. (2007). Determination of Digestible and Metabolizable Energy of Fishmeal and Soybean Meal in Rainbow Trout with Two Different Sizes (Oncorhynchus mykiss). Pakistan Journal of Biological Sciences, 10(20), 3722–3725. https://doi.org/10.3923/pjbs.2007.3722.3725

Alriksson, B., Hörnberg, A., Eirikur Gudnason, A., Knobloch, S., Arnason, J., & Johannsson, R. (2014). Fish Feed From Wood. CELLULOSE CHEMISTRY AND TECHNOLOGY Cellulose Chem. Technol, 48(910), 843–848. http://www.cellulosechemtechnol.ro/pdf/CCT9-10(2014)/p.843-848.pdf

Alsop, D., Van Der Kraak, G. J., Brown, S. B., & Eales, J. G. (2005). The biology and toxicology of retinoids in fish. In Biochemistry and Molecular Biology of Fishes (Vol. 6, pp. 413–428).

Amezaga, M. R., & Knox, D. (1990). Riboflavin requirements in on-growing rainbow trout, Oncorhynchus mykiss. Aquaculture, 88(1), 87–98. https://doi.org/10.1016/0044-8486(90)90322-E

Anater, A., Manyes, L., Meca, G., Ferrer, E., Luciano, F. B., Pimpão, C. T., & Font, G. (2016). Mycotoxins and their consequences in aquaculture: A review. Aquaculture, 451, 1–10. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.08.022

Andersen, F., Lorentzen, M., WaagbØ, R., & Maage, A. (1997). Bioavailability and interactions with other micronutrients of three dietary iron sources in Atlantic salmon, Salmo salar, smolts. Aquaculture Nutrition, 3(4), 239–246. https://doi.org/10.1046/j.1365-2095.1997.00096.x

Andrews, J. W., & Murai, T. (1979). Pyridoxine Requirements of Channel Catfish. The Journal of Nutrition, 109(4), 533–537. https://doi.org/10.1093/jn/109.4.533

Ardó, L., Csengeri, I., Rónyai, A., Jeney, Z., & Jeney, G. (2009). Különböző esszenciális zsírsav tartalmú haltápok hatása a ponty (Cyprinus carpio) növekedési teljesítményére és természetes immunválaszára. Halászatfejlesztés, 32, 37–46.

Arthur, R. J., Bondad-Reantaso, M. G., & Subasinghe, R. P. (2008). Procedures for the quarantine of live aquatic animals. FAO.

Atalah, E., Cruz, C. M. H., Izquierdo, M. S., Rosenlund, G., Caballero, M. J., Valencia, A., & Robaina, L. (2007). Two microalgae Crypthecodinium cohnii and Phaeodactylum tricornutum as alternative source of essential fatty acids in starter feeds for seabream (Sparus aurata). Aquaculture, 270(1–4), 178–185. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.04.009

Austreng, E. (1978). Digestibility determination in fish using chromic oxide marking and analysis of contents from different segments of the gastrointestinal tract. Aquaculture, 13(3), 265–272. https://doi.org/10.1016/0044-8486(78)90008-X

Austreng, E., Storebakken, T., Thomassen, M. S., Refstie, S., & Thomassen, Y. (2000). Evaluation of selected trivalent metal oxides as inert markers used to estimate apparent digestibility in salmonids. Aquaculture, 188(1–2), 65–78. https://doi.org/10.1016/S0044-8486(00)00336-7

Babcock, B. A., Hayes, D. J., & Lawrence, J. D. (2008). Using Distillers Grains in the U.S. and International Livestock and Poultry Industries. Midwest Agribusiness Trade Research and Information Center.

Babinszky, L., & Halas, V. (Eds.). (2019). Innovatív takarmányozás. Akadémia Kiadó.

Badillo, D., Herzka, S. Z., & Viana, M. T. (2014). Protein Retention Assessment of Four Levels of Poultry By-Product Substitution of Fishmeal in Rainbow Trout (Oncorhynchus mykiss) Diets Using Stable Isotopes of Nitrogen (d 15 N) as Natural Tracers. 9(9), 1–8. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0107523

Bai, N., Gu, M., Liu, M., Jia, Q., Pan, S., & Zhang, Z. (2019). Corn gluten meal induces enteritis and decreases intestinal immunity and antioxidant capacity in turbot (Scophthalmus maximus) at high supplementation levels. PLoS ONE, 14(3), 1–18. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0213867

Barroso, F. G., de Haro, C., Sánchez-Muros, M. J., Venegas, E., Martínez-Sánchez, A., & Pérez-Bañón, C. (2014). The potential of various insect species for use as food for fish. Aquaculture, 422–423, 193–201. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.12.024

Barrows, F. T., & Hardy, R. W. (2000). Feed additives. In Robert R. Stickney (Ed.), Encyclopedia of Aquaculture (pp. 336–340). Wiley.

Batal, A., Dale, N., & Café, M. (2005). Nutrient composition of peanut meal. Journal of Applied Poultry Research, 14(2), 254–257. https://doi.org/10.1093/japr/14.2.254

Battilani, P., Rossi, V., Giorini, P., Pietri, A., Gualla, A., van der Fels-Klerx, H. J., Booij, C. J. H., Moretti, A., Logrieco, A., Miglietta, F., Toscano, P., Miraglia, M., De Santis, B., & Brera, C. (2012). Modelling, predicting and mapping the emergence of aflatoxins in cereals in the EU due to climate change (Issue 178).

Bauer, C., & Schlott, G. (2009). Fillet yield and fat content in common carp (Cyprinus carpio) produced in three Austrian carp farms with different culture methodologies. Journal of Applied Ichthyology, 25(5), 591–594. https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2009.01282.x

Bekcan, S., Dogankaya, L., Cakirogullari, G. C., Provincial, A., & Affairs, R. (2006). GROWTH AND BODY COMPOSITION OF EUROPEAN CATFISH (SILURUS GLANIS L.) FED DIETS CONTAINING DIFFERENT PERCENTAGES OF PROTEIN. The Israeli Journal of Aquaculture – Bamidgeh, 58(2), 137–142.

Beliczky, G., Havasi, M., Németh, S., Bercsényi, M., & Gál, D. (2013). Environmental load of wels (Silurus glanis) fed by feeds of different protein levels. AACL Bioflux, 6(1), 12–17.

Bellovino, D., Morimoto, T., Mengheri, E., Perozzi, G., Garaguso, I., Nobili, F., & Gaetani, S. (2001). Unique biochemical nature of carp retinol-binding protein. N-linked glycosylation and uncleavable NH2-terminal signal peptide. Journal of Biological Chemistry, 276(17), 13949–13956. https://doi.org/10.1074/jbc.M006779200

Belyea, R. L., Rausch, K. D., & Tumbleson, M. E. (2004). Composition of corn and distillers dried grains with solubles from dry grind ethanol processing. Bioresource Technology, 94(3), 293–298. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2004.01.001

Belyea, R. L., Rausch, K. D., Clevenger, T. E., Singh, V., Johnston, D. B., & Tumbleson, M. E. (2010). Sources of variation in composition of DDGS. Animal Feed Science and Technology, 159(3–4), 122–130. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.06.005

Berge, G. E., Sveier, H., & Lied, E. (1998). Nutrition of Atlantic salmon (Salmo salar); The requirement and metabolic effect of lysine. Comparative Biochemistry and Physiology - A Molecular and Integrative Physiology, 120(3), 477–485. https://doi.org/10.1016/S1095-6433(98)10049-1

Bezerra da Rocha, M. E., Freire, F. da C. O., Erlan Feitosa Maia, F., Izabel Florindo Guedes, M., & Rondina, D. (2014). Mycotoxins and their effects on human and animal health. Food Control, 36(1), 159–165. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.08.021

Bhadra, R., Muthukumarappan, K., & Rosentrater, K. A. (2007). Characterization of chemical and physical properties of distillers dried grain with solubles (DDGS) for

value added uses. 2007 ASABE Annual International Meeting, Technical Papers, 14 BOOK. https://doi.org/10.13031/2013.22861

Bilen, A. M., & Bilen, S. (2013). Effect of diet on the fatty acids composition of cultured sea bass (Dicentrarchus labrax) liver tissues a nd histoology compared with sea bass caught in Eagean Sea. Marine Science and Technology Bulletin, 2, 13–19.

Booman, M., Forster, I., Vederas, J. C., Groman, D. B., & Jones, S. R. M. (2018). Soybean meal-induced enteritis in Atlantic salmon (Salmo salar) and Chinook salmon (Oncorhynchus tshawytscha) but not in pink salmon (O. gorbuscha). Aquaculture, 483(July 2017), 238–243. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.10.025

Bouboulis, D., Athanassopoulo, F., & Tyrpenou, A. (2004). Experimental treatments with diflubenzuron and deltamethrin of sea bass , Dicentrarchus labrax L ., infected with the isopod , Ceratothoa oestroides. J. Appl. Ichtyol., 20, 314–317.

Bowers, E. L., & Munkvold, G. P. (2014). Fumonisins in conventional and transgenic, insect-resistant maize intended for fuel ethanol production: implications for fermentation efficiency and DDGS co-product quality. Toxins, 6(9), 2804–2825. https://doi.org/10.3390/toxins6092804

Bowser, P. R. (1993). Clinical pathology of salmonid fishes. In D. Stoskopf & K. Michael (Eds.), Fish Medicine (pp. 327–332). Saunders.

Brauge, C. (1994). Influences des sources non prote´iques d'e´nergie et des facteurs environnementaux sur les me´tabolismes e´nerge´tique et lipidique de la triut arc-en-ciel, Oncorhynchus mykiss. The Se Doct. D'etat, Universite´ De Bordeaux I, 161, pp

Bucking, C., & Wood, C. M. (2007). Gastrointestinal transport of Ca2+ and Mg2+ during the digestion of a single meal in the freshwater rainbow trout. Journal of Comparative Physiology B: Biochemical, Systemic, and Environmental Physiology, 177(3), 349–360. https://doi.org/10.1007/s00360-006-0134-3

Bureau, D. P., & Encarnação, P. M. (2006). Adequately Defining the Amino Acid Requirements of Fish : The Case Example of Lysine. International De Nutricional Acuicola; Avances En Nutricional Acuicola, 29–54. http://www.uanl.mx/utilerias/nutricion_acuicola/VIII/archivos/3Bureau.pdf

Bureau, D. P., Harris, A. M., & Cho, C. Y. (1999). Apparent digestibility of rendered animal protein ingredients for rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). Aquaculture, 180(3–4), 345–358. https://doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00210-0

Buyukcapar, H. M., & Kamalak, A. (2007). Condensed Tannin Contents of Some Legume Seeds Used in Fish Nutrition. Journal of Biological Sciences, 7(1), 74–76. https://doi.org/10.3923/jbs.2007.74.76

Caballero, M. J., Torstensen, B. E., Robaina, L., Montero, D., & Izquierdo, M. (2006). Vegetable oils affect the composition of lipoproteins in sea bream (Sparus aurata). British Journal of Nutrition, 96(5), 830–839. https://doi.org/10.1017/BJN20061909

Caballero, M., Obach, A., Rosenlund, G., Montero, D., Gisvold, M., & Izquierdo, M. . (2002). Impact of different dietary lipid sources on growth, lipid digestibility, tissue fatty acid composition and histology of rainbow trout, Oncorhynchus mykiss. Aquaculture, 214(1), 253–271. https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00852-3

Carriquiriborde, P., Handy, R. D., & Davies, S. J. (2004). Physiological modulation of iron metabolism in rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) fed low and high iron diets. Journal of Experimental Biology, 207(1), 75–86. https://doi.org/10.1242/jeb.00712

Carvalho, a P., Escaffre, a, Teles, a O., & Bergot, P. (1997). First feeding of common carp larvae on diets with high levels of protein hydrolysates. Aquaculture International, 5, 361–367. https://doi.org/10.1023/A:1018368208323

Casirola, D. M., & Ferraris, R. P. (1997). Intestinal absorption of water-soluble vitamins in rainbow trout (Onchorhynchus mykiss). Comparative Biochemistry and Physiology - A Physiology, 116(3), 273–279. https://doi.org/10.1016/S0300-9629(96)00209-5

Castillo, S., & Gatlin, D. M. (2015). Dietary supplementation of exogenous carbohydrase enzymes in fish nutrition: A review. Aquaculture, 435, 286–292. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.10.011

Castro, C., Corraze, G., Firmino-Diógenes, A., Larroquet, L., Panserat, S., & Oliva-Teles, A. (2016). Regulation of glucose and lipid metabolism by dietary carbohydrate levels and lipid sources in gilthead sea bream juveniles. British Journal of Nutrition, 116(1), 19–34. https://doi.org/10.1017/S000711451600163X

Cheli, F., Battaglia, D., Gallo, R., & Dell'Orto, V. (2014). EU legislation on cereal safety: An update with a focus on mycotoxins. Food Control, 37(1), 315–325. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.09.059

Chen, C. Y., Wooster, G. A., Getchell, R. G., Bowser, P. R., & Timmons, M. B. (2003). Blood chemistry of healthy, nephrocalcinosis-affected and ozone-treated tilapia in a recirculation system, with application of discriminant analysis. Aquaculture, 218(1–4), 89–102. https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00499-4

Cheng, Z. J., & Hardy, R. W. (2002). Apparent digestibility coefficients and nutritional value of cottonseed meal for rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). Aquaculture, 212(1–4), 361–372. https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00260-0

Cheng, Z. J., & Hardy, R. W. (2003). Effects of extrusion and expelling processing, and microbial phytase supplementation on apparent digestibility coefficients of nutrients in full-fat soybeans for rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). Aquaculture, 218(1–4), 501–514. https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00458-1

Cheng, Z. J., & Hardy, R. W. (2004a). Nutritional Value of Diets Containing Distiller's Dried Grain with Solubles for Rainbow Trout, Oncorhynchus mykiss. Journal of Applied Aquaculture, 15(3/4), 101–113. https://doi.org/10.1300/J028v15n03

Cheng, Z. J., & Hardy, R. W. (2004b). Effects of Microbial Phytase Supplementation in Corn Distiller's Dried Grain with Solubles on Nutrient Digestibility and Growth Performance of Rainbow Trout, Oncorhynchus mykiss. Journal of Applied Aquaculture, 15(3–4), 83–100. https://doi.org/10.1300/J028v15n03_07

Cheng, Z. J., Hardy, R. W., & Usry, J. L. (2003). Effects of lysine supplementation in plant protein-based diets on the performance of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) and apparent digestibility coefficients of nutrients. Aquaculture, 215(1–4), 255–265. https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00166-7

Chini Zittelli, G., Rodolfi, L., & Tredici, M. R. (2003). Mass cultivation of Nannochloropsis sp. in annular reactors. Journal of Applied Phycology, 15(2–3), 107–114. https://doi.org/10.1023/A:1023830707022

Chiu, A., Li, L., Guo, S., Bai, J., Fedor, C., & Naylor, R. L. (2013). Feed and fishmeal use in the production of carp and tilapia in China. Aquaculture, 414–415, 127–134. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.07.049

Cho, C. Y. (1992). Feeding systems for rainbow trout and other salmonids with reference to current estimates of energy and protein requirements. Aquaculture, 100(1–3), 107–123. https://doi.org/10.1016/0044-8486(92)90353-M

Cho, C. Y., Slinger, S. J., & Bayley, H. S. (1982). Bioenergetics of salmonid fishes: Energy intake, Expendure and productivity. Comparative Biochemical and Physiology, 73B(1), 25–41. https://doi.org/10.1016/0305-0491(82)90198-5

Choubert, G., De La Noüe, J., & Luquet, P. (1982). Digestibility in fish: Improved device for the automatic collection of feces. 29, 185–189.

Clemens, R., & Babcock, B. A. (2008). Steady Supplies or Stockpiles? Demand for Corn-Based Distillers Grains by the U. S. Beef Industry. MATRIC Briefing Paper.

Cole, A. J., Neveux, N., Whelan, A., Morton, J., Vis, M., de Nys, R., & Paul, N. A. (2016). Adding value to the treatment of municipal wastewater through the intensive production of freshwater macroalgae. Algal Research, 20, 100–109. https://doi.org/10.1016/j.algal.2016.09.026

Coutinho, F., Simões, R., Oliva-Teles, A., Oliva-Teles, A., Peres, H., Monge-Ortiz, R., Furuya, W. M., Pousão-Ferreira, P., & Kaushik, S. (2017). Effects of dietary methionine and taurine supplementation to low-fish meal diets on growth performance and oxidative status of European sea bass (Dicentrarchus labrax) juveniles. Aquaculture, 479, 447–454. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.06.017

Cowey, C. B., & Woodward, B. (1993). Nutrient Requirements and Interactions The Dietary Requirement of Young Rainbow Trout (Oncorhynchus mykiss) for Folie Acid. Nutrient Requirements and Interactions, April, 1594–1600.

Coyle, S. D., Mengel, G. J., Tidwell, J. H., & Webster, C. D. (2004). Evaluation of growth , feed utilization , and economics of hybrid tilapia , Oreochromis niloticus Â Oreochromis aureus , fed diets containing different protein sources in combination with distillers dried grains with solubles. Aquaculture Research, 35, 365–370.

Coz-Rakovac, R., Strunjak-Perovic, I., Hacmanjek, M., Topic Popovic, N., Lipej, Z., & Sostaric, B. (2005). Blood chemistry and histological properties of wild and cultured sea bass (Dicentrarchus labrax) in the North Adriatic Sea. Veterinary Research Communications, 29(8), 677–687. https://doi.org/10.1007/s11259-005-3684-z

Culling, C. F. A. (1974). Histopathological and Histochemical Techniques (including museum techniques). 712.

Csapó, J., Varga-Visi, É., Lóki, K., Albert, C., & Salamon, S. (2008). The influence of extrusion on loss and racemization of amino acids. Amino Acids, 34(2), 287–292. https://doi.org/10.1007/s00726-006-0484-x

Csengeri, I. & Majoros, F. 2004. Magyar takarmánykódex, II. Kötet. Gazdasági állatok táplálóanyag-szükséglete, takarmányok kémiai összetétele és mikotoxin határértékek a takarmánykeverékekben. Budapest.

Csengeri, I. (1996). Dietary effects on fatty acid metabolism of common carp. Archives Animal Nutrition, 49, 73–92.

Csengeri, I., Čolović, D. S., Rónyai, A., Jovanović, R. D., Péter-Szűcsné, J., Sándor, Z. J., & Gyimes, E. (2013). Feeding of common carp on floating feeds for enrichment of fish flesh with essential fatty acids. Food and Feed Research, 40(2), 59–70. http://fins.uns.ac.rs/e-journal/uploads/Magazines/magazine_127/Development-of-extruded-carp-feeds-for-enrichment-of-fish-flesh-with-essential-fatty-acids.pdf

Csengeri, I., Gál, D., Kosáros, T., Pekár, F., Bakos, J., Potra, F., Kovács, G., Feledi, T., Fazekas, J., Biró, J., Sándor, Z. J., Papp, Z. G., Jeney, Z., & Rónyai, A. (2011). A haltakarmányozás halliszt és halolaj nélkül? Állattenyésztés És Takarmányozás, 60(3), 277–289.

Csengeri, I., Petitjean, M., & Bercsenyi, M. (1995). Freeze-fractured liver as a starter diet for cyprinid larvae. Aquaculture, 129, 252–253.

Csorbai, B., Péteri, A., & Urbányi, B. (Eds.). (2015). Intenzív haltenyésztés. Vármédia-Print Kft.

Da Porto, C., Decorti, D., & Tubaro, F. (2012). Fatty acid composition and oxidation stability of hemp (Cannabis sativa L.) seed oil extracted by supercritical carbon dioxide. Industrial Crops and Products, 36(1), 401–404. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.09.015

Da, C. T., Lundh, T., & Lindberg, J. E. (2013). Digestibility of dietary components and amino acids in plant protein feed ingredients in striped catfish (Pangasianodon hypophthalmus) fingerlings. Aquaculture Nutrition, 19(4), 619–628. https://doi.org/10.1111/anu.12011

Dabrowska, H., Dabrowski, K., Meyer-Burgdorff, K., Hanke, W., & Gunther, K. D. (1991). The effect of large doses of vitamin C AND magnesium on stress responses in common carp, Cyprinus carpio. Comparative Biochemistry and Physiology -- Part A: Physiology, 99(4), 681–685. https://doi.org/10.1016/0300-9629(91)90150-B

Davies, S. J., McConnell, S., & Bateson, R. I. (1990). Potential of rapeseed meal as an alternative protein source in complete diets for tilapia (Oreochromis mossambicus Peters). Aquaculture, 87(2), 145–154. https://doi.org/10.1016/0044-8486(90)90271-N

Dawood, M. A. O., Koshio, S., El-Sabagh, M., Billah, M. M., Zaineldin, A. I., Zayed, M. M., & Omar, A. A. E. D. (2017). Changes in the growth, humoral and mucosal immune responses following β-glucan and vitamin C administration in red sea bream, Pagrus major. Aquaculture, 470, 214–222. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.12.036

De Jesus Raposo, M. F., De Morais, R. M. S. C., & De Morais, A. M. M. B. (2013). Health applications of bioactive compounds from marine microalgae. Life Sciences, 93(15), 479–486. https://doi.org/10.1016/j.lfs.2013.08.002

de Souza, M. L. R., Macedo-Viegas, E. M., Zuanon, J. A. S., de Carvalho, M. R. B., & dos Reis Goes, E. S. (2015). Rendimentos do processamento e composição química de truta arco-íris (Oncorhynchus mykiss) em relação ao peso corporal. Acta

Scientiarum - Animal Sciences, 37(2), 103–108. https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v37i2.24165

Diógenes, A. F., Basto, A., Estevão-Rodrigues, T. T., Moutinho, S., Aires, T., Oliva-Teles, A., & Peres, H. (2019a). Soybean meal replacement by corn distillers dried grains with solubles (DDGS) and exogenous non-starch polysaccharidases supplementation in diets for gilthead seabream (Sparus aurata) juveniles. Aquaculture, 500, 435–442. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.10.035

Diógenes, A. F., Castro, C., Carvalho, M., Magalhães, R., Estevão-Rodrigues, T. T., Serra, C. R., Oliva-Teles, A., & Peres, H. (2018). Exogenous enzymes supplementation enhances diet digestibility and digestive function and affects intestinal microbiota of turbot (Scophthalmus maximus) juveniles fed distillers' dried grains with solubles (DDGS) based diets. Aquaculture, 486(December 2017), 42–50. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.12.013

Diógenes, A. F., Teixeira, C., Almeida, E., Skrzynska, A., Costas, B., Oliva-Teles, A., & Peres, H. (2019b). Effects of dietary tryptophan and chronic stress in gilthead seabream (Sparus aurata) juveniles fed corn distillers dried grains with solubles (DDGS) based diets. Aquaculture, 498(August 2018), 396–404. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.08.079

Drew, M. D., Borgeson, T. L., & Thiessen, D. L. (2007). A review of processing of feed ingredients to enhance diet digestibility in finfish. Animal Feed Science and Technology, 138(2), 118–136. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.06.019

Dublecz, K. (2011). Takarmányozástan. In Takarmányozástan. Debreceni Egyetem, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Pannon Egyetem.

Dubost, N., Masson, G., & Moreteau, J. C. (1997). Gonad development and filleting yield of common carp Cyprinus carpio L. reared in ponds in Eastern France. Journal of Applied Ichthyology, 13(1), 15–20. https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.1997.tb00092.x

Dumas, A., France, J., & Bureau, D. (2010). Modelling growth and body composition in fish nutrition: Where have we been and where are we going? Aquaculture Research, 41(2), 161–181. https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2009.02323.x

Elbaraasi, H., Mézes, M., Balogh, K., Horváth, L., & Csengeri, I. (2004). Effects of dietary ascorbic acid/iron ratio on some production traits, lipid peroxide state and amount/activity of the glutathione redox system in African catfish Clarias gariepinus (Burchell) fingerlings. Aquaculture Research, 35(3), 256–262. https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2004.01004.x

Elbaraasi, H., Mézes, M., Horváth, L., Csengeri, I., K., N., Wágner, L., & Balogh, K. (2014). Effects of dietary excess of vitamin E and selenium on some production traits , lipid peroxide state and amount / activity of the glutathione redox system in African catfish Clarias gariepinus (Siluriformes, Clariidae) fingerlings. International Journal of Bioassays, 3(1), 1686–1691.

El-Hammady, A.K.I.; Ibrahim, S.A., El-Kasheif, M. A. (2007). Synergistic reactions between vitamin e and selenium in diets of hybrid tilapia. Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries., 11(l), 53–81.

El-Sayed, A.-F. M., El-Ghobashy, A., & Al-Amoudi, M. (1996). Effects of pond depth and water temperature on the growth, mortality and body composition of Nile tilapia,

Oreochromis niloticus (L.). Aquaculture Research, 27(9), 681–687. https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.1996.00776.x

Enes, P., Peres, H., Almeida, I., Couto, A., & Oliva-Teles, A. (2011). Growth, Feed Utilization, and Glycemic Response in European Sea Bass, Dicentrarchus labrax, Juveniles Fed Carbohydrate of Different Complexities. Journal of the World Aquaculture Society, 42(6), 873–879. https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2011.00525.x

Erdman, J. W., Macdonald, I. A., & Zeisel, S. H. (Eds.). (2012). Present Knowledge in Nutrition (10th ed.).

Erickson, G. E., Klopfenstein, T. J., Adams, D. C., & Rasby, R. J. (2007). Utilization of Corn Co-Products in the Beef Industry. University of Nebraska-Lincoln.

Espe, M., Liaset, B., Hevrøy, E. M., & El-Mowafi, A. (2011). dl-methionine enrichment in diets fed to Atlantic salmon increases apparent digestibility. Aquaculture Research, 42(8), 1123–1130. https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2010.02700.x

EUMOFA. (2017). EU Consumer Habits - Final Report (Issue January). https://doi.org/10.2771/443961

FAO (Food & Agriculture Organisation). (2019). FAO yearbook. Fishery and Aquaculture Statistics 2017. https://doi.org/10.1109/BMEI.2010.5639447

Farkas, T., Csengeri, I., Majoros, F., & Oláh, J. (1977). Metabolism of fatty acids in fish. i. development of essential fatty acid deficiency in the carp, Cyprinus carpio Linnaeus 1758. Aquaculture, 11, 147–157.

Farkas, T., Csengeri, I., Majoros, F., & Olah, J. (1978). METABOLISM OF FATTY ACIDS IN FISH . II . BIOSYNTHESIS OF FATTY ACIDS IN RELATION TO DIET IN THE CARP , CYPRINUS CARPIO LINNAEUS 1758 Rats , maintained on diets rich in carbohydrates and poor in fats , displayed an elevated rate of fatty acid biosynthesis. Aquaculture, 14, 57–65.

Farkas, T., Csengeri, I., Majoros, F., & Oláh, J. (1980). Metabolism of fatty acids in fish. III. Combined effect of environmental temperature and diet on formation and deposition of fatty acids in the carp, Cyprinus carpio Linnaeus 1758. Aquaculture, 20, 29–40. https://doi.org/10.1016/0044-8486(80)90059-9

Farkas, T., Kitajka, K., Fodor, E., Csengeri, I., Landes, E., Yeo, Y. K., Krasznai, Z., & Halver, J. E. (2000). Docosahexaenoic acid-containing phospholipid molecular species in brains of vertebrates. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 97(12), 6362–6366. https://doi.org/10.1073/pnas.120157297

Fauconneau, B., Alami-Durante, H., Laroche, M., Marcel, J., & Vallot, D. (1995). Growth and meat quality relations in carp. Aquaculture, 129(1–4), 265–297. https://doi.org/10.1016/0044-8486(94)00309-C

FEFANA. (2013). Premixtures. ISBN 978-2-9601289-0-1

Feledi, T., Rónyai, A., Csengeri, I., & Péteri, A. (2009). Intensive carp production in ponds. 6th HUNGARIAN – VIETNAMESE INTERNATIONAL CONFERENCE on Cooperation in Sustainable Animal Production and Aquaculture.

Feng, L., Xiao, W. W., Liu, Y., Jiang, J., Hu, K., Jiang, W. D., Li, S. H., & Zhou, X. Q. (2011). Methionine hydroxy analogue prevents oxidative damage and improves

antioxidant status of intestine and hepatopancreas for juvenile Jian carp (Cyprinus carpio var. Jian). Aquaculture Nutrition, 17(6), 595–604. https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2011.00853.x

Ferdouse, F., Løvstad Holdt, S., Smith, R., Murúa, P., & Yang, Z. (2018). The global status of seaweed production, trade and utilization. FAO Globefish Research Programme, 124, 120.

Figueredo-Silva, A., Rocha, E., Dias, J., Rema, P., Gomes, E., & Valente, L. M. P. (2005). Partial replacement of fish oil by soybean oil on lipid distribution and liver histology in European sea bass (Dicentrarchus labrax) and rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) juveniles. Aquaculture Nutrition, 11, 147–155.

Fleurence, J. (1999). Seaweed proteins: Biochemical, nutritional aspects and potential uses. Trends in Food Science and Technology, 10(1), 25–28. https://doi.org/10.1016/S0924-2244(99)00015-1

Fleurence, J., Morançais, M., & Dumay, J. (2018). Seaweed proteins. In Proteins in Food Processing (Second Edi). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100722-8.00010-3

Flik, G., & Verbost, P. M. (1993). Calcium Transport in Fish Gills and Intestine. Journal of Experimental Biology, 184(1), 17–29.

Folch J.; Lees M.; Stanley G. H. S., Folch, J., Lees, M., & Stanley, G. H. S. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. J Biol Chem, 226(1), 497–509. https://doi.org/10.1007/s10858-011-9570-9

Fountoulaki, E., Vasilaki, A., Hurtado, R., Grigorakis, K., Karacostas, I., Nengas, I., Rigos, G., Kotzamanis, Y., Venou, B., & Alexis, M. N. (2009). Fish oil substitution by vegetable oils in commercial diets for gilthead sea bream (Sparus aurata L.); effects on growth performance, flesh quality and fillet fatty acid profile. Recovery of fatty acid profiles by a fish oil finishing diet under fluctuati. Aquaculture, 289(3–4), 317–326. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.01.023

Fowler, L. G. (1991). Poultry by-product meal as a dietary protein source in fall chinook salmon diets. Aquaculture, 99(3–4), 309–321. https://doi.org/10.1016/0044-8486(91)90251-2

Francis, G., Makkar, H. P. S., & Becker, K. (2001a). Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. In Aquaculture (Vol. 199, Issues 3–4). https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00526-9

Francis, G., Makkar, H. P. S., & Becker, K. (2001b). Effects of cyclic and regular feeding of a Quillaja saponin supplemented diet on growth and metabolism of common carp (Cyprinus carpio L.). Fish Physiology and Biochemistry, 24(4), 343–350. https://doi.org/10.1023/A:1015047208108

Gabr, A. A., Khalil, F. F., & El-sharkawy, S. E. M. (2013). Utilization of distillers dried grains with solubles in fish nutrition: 2-partial replacement of fish meal and yellow corn by graded levels of ddgs in nile tilapia fingerlings diets (Oreochromis niloticus). J.Animal and Poultry Prod, 4(7), 455–467.

Gabr, A., Khalil, F., & El-Sharkawy, S. (2013). Utilization of distillers dried grain with solubles in fish nutrition: 2-Partial replacement of fish meal and yellow corn by graded levels of DDGS in nile tilapia fingerlings diets (Oreochromis niloticus).

Journal of Animal and Poultry Production, 4(7), 455–467. https://doi.org/10.21608/jappmu.2013.71498

Gál, D. (2006). Környezetbarát, kombinált tavi haltermelő rendszerek fejlesztése (doktori értekezés).

Gál, D., Pekár, F., & Kerepeczki, É. (2016). A survey on the environmental impact of pond aquaculture in Hungary. Aquaculture International, 24(6), 1543–1554. https://doi.org/10.1007/s10499-016-0034-9

Gan, L., Jiang, W. D., Wu, P., Liu, Y., Jiang, J., Li, S. H., Tang, L., Kuang, S. Y., Feng, L., & Zhou, X. Q. (2014). Flesh quality loss in response to dietary isoleucine deficiency and excess in fish: A link to impaired Nrf2-dependent antioxidant defense in muscle. PLoS ONE, 9(12), 1–23. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0115129

Gan, L., Zhou, L. L., Li, X. X., & Yue, Y. R. (2016). Dietary leucine requirement of Juvenile Nile tilapia, Oreochromis niloticus. Aquaculture Nutrition, 22(5), 1040–1046. https://doi.org/10.1111/anu.12353

Gao, S., Yin, N., Zhou, F., Li, H., Zhou, J., Wang, R. J., & Shao, Q. J. (2013). Evaluation of pea proteins and poultry protein as fish meal alternatives in the diets for juvenile black sea bream, Acanthopagrus schlegelii. Aquaculture Nutrition, 19(3), 278–288. https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2012.00957.x

Garcia-Garibay, M., Gomezi-Ruiz, L., & Cruz-Guerrero, A. (2015). Single-cell protein. In Biochemical Engineering and Biotechnology (pp. 417–434). Elsevier. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/C2013-0-09819-2

Gatlin, D. M., Barrows, F. T., Brown, P., Dabrowski, K., Gaylord, T. G., Hardy, R. W., Herman, E., Hu, G., Krogdahl, Å., Nelson, R., Overturf, K., Rust, M., Sealey, W., Skonberg, D., Souza, E. J., Stone, D., Wilson, R., & Wurtele, E. (2007). Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: A review. Aquaculture Research, 38(6), 551–579. https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2007.01704.x

Geri, G., Poli, B. M., Gualtieri, M., Lupi, P., & Parisi, G. (1995). Body traits and chemical composition of muscle in the common carp (Cyprinus carpio L.) as influenced by age and rearing environment. Aquaculture, 129(1–4), 329–333. https://doi.org/10.1016/0044-8486(94)00300-D

Ghosh, K. (2006). Application of enzymes in aqua feeds. Aqua Feeds, 3(August), 7–10.

Glencross, B., Rutherford, N., & Jones, B. (2011). Evaluating options for fishmeal replacement in diets for juvenile barramundi (Lates calcarifer). Aquaculture Nutrition, 17(3). https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2010.00834.x

Greco, M., Pardo, A., & Pose, G. (2015). Mycotoxigenic fungi and natural co-occurrence of mycotoxins in rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) feeds. Toxins, 7(11), 4595–4609. https://doi.org/10.3390/toxins7114595

Grenier, B., & Oswald, I. (2011). Mycotoxin co-contamination of food and feed: meta-analysis of publications describing toxicological interactions. World Mycotoxin Journal, 4(3), 285–313. https://doi.org/10.3920/WMJ2011.1281

Groff, J. M., & Zinkl, J. G. (1999). Hematology and clinical chemistry of cyprinid fish. Common carp and goldfish. The Veterinary Clinics of North America. Exotic Animal Practice, 2(3), 741–776. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11229053

Gyalog, G. (2019). A hazai halastavi termelés modell alapú vizsgálata (Doktori értekezés). Kaposvári Egyetem.

Haidar, M. N., Petie, M., Heinsbroek, L. T. N., Verreth, J. A. J., & Schrama, J. W. (2016). The effect of type of carbohydrate (starch vs. nonstarch polysaccharides) on nutrients digestibility, energy retention and maintenance requirements in Nile tilapia. Aquaculture, 463, 241–247. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.05.036

Halver, J. E., & Hardy, R. W. (2002). Fish Nutrition (3rd ed.). Academic Press. https://doi.org/10.1016/b978-012319652-1/50006-9

Han, D., Xie, S., Liu, M., Xiao, X., Liu, H., Zhu, X., & Yang, Y. (2011). The effects of dietary selenium on growth performances, Oxidative stress and tissue selenium concentration of gibel carp (Carassius auratus gibelio). Aquaculture Nutrition, 17(3). https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2010.00841.x

Hancz, C. (2011). Haltakarmányozás. Kaposvári Egyetem.

Hancz, C. (2020). Feed efficiency, nutrient sensing and feeding stimulation in aquaculture: A review. Acta Agraria Kaposváriensis, 24(1), 35–54. https://doi.org/10.31914/aak.2375

Hancz, C., & Varga, D. (2017). Measuring fish metabolism – science and practice of development in fish feeding: A review. Acta Agr. Kapos., 21(1), 1–14.

Hancz, C., Bercsényi, M., Magyary, I., Molnár, T., Knoch, L., Müller, T., & Horn, P. (2000). Comparison of stress response of two different carp (Cyprinus carpio, L.) genotypes. Acta Agraria Kaposváriensis, 4(1), 35–40.

Harder, A. M., Ardren, W. R., Evans, A. N., Futia, M. H., Kraft, C. E., Marsden, J. E., Richter, C. A., Rinchard, J., Tillitt, D. E., & Christie, M. R. (2018). Thiamine deficiency in fishes: causes, consequences, and potential solutions. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 28(4), 865–886. https://doi.org/10.1007/s11160-018-9538-x

Hardy, R. W. (2000). New developments in aquatic feed ingredients, and potential of enzyme supplements. Avances En Nutrition Acuicola V. Memorias Del V Simposium Internacional de Nutricion Acuicola, 216–226.

Hardy, R. W. (2010). Utilization of plant proteins in fish diets: Effects of global demand and supplies of fishmeal. Aquaculture Research, 41(5), 770–776. https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2009.02349.x

Harun, R., Singh, M., Forde, G. M., & Danquah, M. K. (2010). Bioprocess engineering of microalgae to produce a variety of consumer products. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14(3), 1037–1047. https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.11.004

Hasan, M. R., Macintosh, D. J., & Jauncey, K. (1997). Evaluation of some plant ingredients as dietary protein sources for common carp (Cyprinus carpio L.) fry. Aquaculture, 151(1–4), 55–70. https://doi.org/10.1016/S0044-8486(96)01499-8

Hassaan, M. S., Soltan, M. A., Agouz, H. M., & Badr, A. M. (2013). Influences of calcium/phosphorus ratio on supplemental microbial phytase efficiency for Nile tilapia (Oreochromis niloticus). Egyptian Journal of Aquatic Research, 39(3), 205–213. https://doi.org/10.1016/j.ejar.2013.09.001

Havasi, M., Gorzás, A., Lévai, P., Merth, J., & Bercsényi, M. (2010). Intensive rearing of wels (Silurus glanis) fed with plant protein based feed. AACL Bioflux, 3(5), 347–353.

Heincinger, M., Balogh, K., Mézes, M., & Fébel, H. (2012). Effects of distillers dried grain with soluble (DDGS) on meat quality, lipid peroxide and some of antioxidant status parameters of fattening Turkey. Journal of Poultry Science, 49(4), 268–272. https://doi.org/10.2141/jpsa.0120004

Henry, M., Gasco, L., Piccolo, G., & Fountoulaki, E. (2015). Review on the use of insects in the diet of farmed fish: Past and future. Animal Feed Science and Technology, 203(1), 1–22. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.03.001

Hepher, B. (1988). Nutrition of pond fishes. Cambridge University Press.

Herath, S. S., Haga, Y., & Satoh, S. (2016). Effects of long-term feeding of corn co-product-based diets on growth, fillet color, and fatty acid and amino acid composition of Nile tilapia, Oreochromis niloticus. Aquaculture, 464, 205–212. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.06.032

Herbig, A. L., & Renard, C. M. G. C. (2017). Factors that impact the stability of vitamin C at intermediate temperatures in a food matrix. Food Chemistry, 220, 444–451. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.10.012

Honikel, K. O. (1998). Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. Meat Science, 49(4), 447–457. https://doi.org/10.1016/S0309-1740(98)00034-5

Horváth, L. (2000). Halbiológia és haltenyésztés. Mezőgazda Kiadó.

Horváth, L., Tamás, G., & Seagrave, C. (2002). Carp and pond fish culture. Fishing News Books.

Horváth, L., Tamás, G., & Seagrave, C. (Eds.). (2002). Carp and Pond Fish Culture. Wiley. https://doi.org/10.1002/9780470995662

Horwitz, W., & Latimer, G. W. (2006). Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL (18th ed.). AOAC International.

Hoseini, S. M., Ahmad Khan, M., Yousefi, M., & Costas, B. (2020). Roles of arginine in fish nutrition and health: insights for future researches. Reviews in Aquaculture, 1–18. https://doi.org/10.1111/raq.12424

Hoseini, S. M., Pérez-Jiménez, A., Costas, B., Azeredo, R., & Gesto, M. (2019). Physiological roles of tryptophan in teleosts: current knowledge and perspectives for future studies. Reviews in Aquaculture, 11(1), 3–24. https://doi.org/10.1111/raq.12223

Hossain, M. A., & Yoshimatsu, T. (2014). Dietary calcium requirement in fishes. Aquaculture Nutrition, 20(1), 1–11. https://doi.org/10.1111/anu.12135

Hossain, M. S., Koshio, S., Ishikawa, M., Yokoyama, S., Sony, N. M., Dossou, S., & Wang, W. (2018). Influence of dietary inosine and vitamin C supplementation on growth, blood chemistry, oxidative stress, innate and adaptive immune responses of red sea bream, Pagrus major juvenile. Fish and Shellfish Immunology, 82(August), 92–100. https://doi.org/10.1016/j.fsi.2018.08.014

House, W. A. (1999). Trace element bioavailability as exemplified by iron and zinc. Field Crops Research, 60(1–2), 115–141. https://doi.org/10.1016/S0378-4290(98)00136-1

https://feedtables.com/ INRA-CIRAD-AFZ feed tables. (2021).

Hu, Q., Sommerfeld, M., Jarvis, E., Ghirardi, M., Posewitz, M., Seibert, M., & Darzins, A. (2008). Microalgal triacylglycerols as feedstocks for biofuel production: Perspectives and advances. Plant Journal, 54(4), 621–639. https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2008.03492.x

Hua, K., Cobcroft, J. M., Cole, A., Condon, K., Jerry, D. R., Mangott, A., Praeger, C., Vucko, M. J., Zeng, C., Zenger, K., & Strugnell, J. M. (2019). The Future of Aquatic Protein: Implications for Protein Sources in Aquaculture Diets. One Earth, 1(3), 316–329. https://doi.org/10.1016/j.oneear.2019.10.018

Hughes, S. G. (1990). Use of triticale as a replacement for wheat middlings in diets for Atlantic salmon. Aquaculture, 90(2), 173–178. https://doi.org/10.1016/0044-8486(90)90339-O

Hung, L. K. (2007). Feeding trial of DDGS for Common Carp. Report - U.S. Grains Council South East Asia

Ingledew, W.M., 1999. Yeast-could you base business on this bus? In: Lyons, T.P., Jacques, K.A. (Eds.), Under the Microscope-focal Points for the New Millennium Biotechnology in the Feed Industry. Nottingham University Press, Nottingham, UK, pp. 27–47.

Iwata, N., Kikuchi, K., Honda, H., Kiyono, M., & Kurokura, H. (1994). Effects of Temperature on the Growth of Japanese Flounder. Fisheries Science, 60(5), 527–531. https://doi.org/10.2331/fishsci.60.527

Izquierdo, M. S., Fernández-Palacios, H., & Tacon, A. G. J. (2001). Effect of broodstock nutrition on reproductive performance of fish. Aquaculture, 197(1–4), 25–42. https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00581-6

Izquierdo, M. S., Montero, D., Robaina, L., Caballero, M. J., Rosenlund, G., & Ginés, R. (2005). Alterations in fillet fatty acid profile and flesh quality in gilthead seabream (Sparus aurata) fed vegetable oils for a long term period. Recovery of fatty acid profiles by fish oil feeding. Aquaculture, 250(1–2), 431–444. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.12.001

Jobling, M. (1994). Fish bioenergetics. Fish and fishery series, volume 13. London, UK: Chapman and Hall.

Jobling, M. (1997). Temperature and growth: Modulation of growth rate via temperature change. In C. M. Wood, & D. G. McDonald (Eds.), Global warming: Implications for freshwater and marine fish, society for experimental biology seminar series 61 (pp. 223–254). Cambridge, UK: Cambridge

Jones, D. P., & Sies, H. (2015). The Redox Code. Antioxidants & Redox Signaling, 23(9), 150419060317006. https://doi.org/10.1089/ars.2015.6247

Jones, P. L., & De Silva, S. S. (1997). Influence of differential movement of the marker chromic oxide and nutrients on digestibility estimations in the Australian freshwater crayfish Cherax destructor. Aquaculture, 154, 323–336. https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.1998.00231.x

Jung, B., Batal, A. B., Ward, N. E., & Dale, N. (2013). Vitamin composition of new-generation corn distillers dried grains with solubles. Journal of Applied Poultry Research, 22(1), 71–74. https://doi.org/10.3382/japr.2012-00595

Kannadhason, S., Muthukumarappan, K., & Rosentrater, K. A. (2011). Effect of Starch Sources and Protein Content on Extruded Aquaculture Feed Containing DDGS. Food and Bioprocess Technology, 4(2), 282–294. https://doi.org/10.1007/s11947-008-0177-4

Kaushik, S. J. (1995). Nutrient requirements, supply and utilization in the context of carp culture. Aquaculture, 129(1–4), 225–241. https://doi.org/10.1016/0044-8486(94)00274-R

Kaushik, S. J., & Seiliez, I. (2010). Protein and amino acid nutrition and metabolism in fish: Current knowledge and future needs. Aquaculture Research, 41(3), 322–332. https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2009.02174.x

Kaushik, S. J., Cravedi, J. P., Lalles, J. P., Sumpter, J., Fauconneau, B., & Laroche, M. (1995). Partial or total replacement of fish meal by soybean protein on growth, protein utilization, potential estrogenic or antigenic effects, cholesterolemia and flesh quality in rainbow trout, Oncorhynchus mykiss. Aquaculture, 133(3–4), 257–274. https://doi.org/10.1016/0044-8486(94)00403-B

Kaushik, S. J., Fauconneau, B., Terrier, L., & Gras, J. (1988). Arginine requirement and status assessed by different biochemical indices in rainbow trout (Salmo gairdneri R.). Aquaculture, 70(1–2), 75–95. https://doi.org/10.1016/0044-8486(88)90008-7

Kerr, B. J., Dozier, W. A., & Shurson, G. C. (2016). Lipid digestibility and energy content of distillers' corn oil in swine and poultry. Journal of Animal Science, 94(7), 2900–2908. https://doi.org/10.2527/jas.2016-0440

Khalil, F. F., Gabr, A. A., & El-Sharkawy, S. (2013). Utilization of Distillers dried grains with solubles in fish nutrition: 1-replacement soybean meal and yellow corn by DDGS graded levels in diet for nile tilapia fingerlings (Oreochromis niloticus). Journal of Animal and Poultry Production, 4(7), 455–467. https://doi.org/10.21608/jappmu.2013.71498

Khan, A. M. (2018). Histidine Requirement of Cultivable Fish Species: A Review. Oceanography & Fisheries Open Access Journal, 8(5), 1–7. https://doi.org/10.19080/ofoaj.2018.08.555746

Khosravi, S., Jang, J. W., Rahimnejad, S., Song, J. W., & Lee, K. J. (2015). Choline essentiality and its requirement in diets for juvenile parrot fish (Oplegnathus fasciatus). Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 28(5), 647–653. https://doi.org/10.5713/ajas.14.0532

Kim, J. D., Breque, J., & Kaushik, S. J. (1998). Apparent digestibilities of feed components from fish meal or plant protein based diets in common carp as affected by water temperature. Aquatic Living Resources, 11(4), 269–272.

Kim, Y., Mosier, N. S., Hendrickson, R., Ezeji, T., Blaschek, H., Dien, B., Cotta, M., Dale, B., & Ladisch, M. R. (2008). Composition of corn dry-grind ethanol by-products: DDGS, wet cake, and thin stillage. Bioresource Technology, 99(12), 5165–5176. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.09.028

Kiron, V. (2012). Fish immune system and its nutritional modulation for preventive health care. Animal Feed Science and Technology, 173(1–2), 111–133. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.12.015

Kiss, G. (2019). Statisztikai jelentések - Lehalászási jelentés 2018. év. https://www.aki.gov.hu/product/lehalaszas-jelentes-2018-ev/

Kiss, G. (2020). Statisztikai jelentések - Lehalászási jelentés 2019. év. https://www.aki.gov.hu/product/lehalaszas-jelentes-2019-ev/

Kitagima, R. E., & Fracalossi, D. M. (2011). Digestibility of Alternative Protein-Rich Feedstuffs for Channel Catfish, Ictalurus punctatus. Journal of the World Aquaculture Society, 42(3), 306–312. https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2011.00468.x

Knösche, R., Schreckenbach, K., Pfeifer, M., & Weissenbach, H. (2000). Balances of phosphorus and nitrogen in carp ponds. Fisheries Management and Ecology, 7(1–2), 15–22. https://doi.org/10.1046/j.1365-2400.2000.00198.x

Kovacik, A. (2017). Oxidative Stress in Fish induced by Environmental Pollutants. Scientific Papers: Animal Science and Biotechnologies, 50(1), 121–125.

Körmendi, S., & Hancz, C. (2000). Qualitative and quantitative investigation of the zooplankton in fish ponds. Acta Agraria Kaposvariensis, 4(2), 95–107.

Kövesi, B., Pelyhe, C., Zándoki, E., Mézes, M., & Balogh, K. (2019). Effect of short-term sterigmatocystin exposure on lipid peroxidation and glutathione redox system and expression of glutathione redox system regulatory genes in common carp liver. Toxicon, 161(September 2018), 50–56. https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2019.03.001

Kövesi, B., Pelyhe, C., Zándoki, E., Mézes, M., & Balogh, K. (2018). Changes of lipid peroxidation and glutathione redox system, and expression of glutathione peroxidase regulatory genes as effect of short-term aflatoxin B1 exposure in common carp. Toxicon, 144, 103–108. https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2018.02.003

Krogdahl, A., Gajardo, K., Kortner, T. M., Penn, M., Gu, M., Berge, G. M., & Bakke, A. M. (2015). Soya Saponins Induce Enteritis in Atlantic Salmon (Salmo salar L.). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 63(15), 3887–3902. https://doi.org/10.1021/jf506242t

Krossøy, C., Waagbø, R., & Ørnsrud, R. (2011). Vitamin K in fish nutrition. Aquaculture Nutrition, 17(6), 585–594. https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2011.00904.x

KSH. 2021. https://www.ksh.hu/stadat

Kumar, P., Jain, K. K., Munilkumar, S., & Chalal, R. S. (2013). Beta Glucan: Avaluable Nutraceuticalfor Promoting Health in Aquaculture (Short Review). African Journal of Basic & Applied Sciences, 5(5), 220–227. https://doi.org/10.5829/idosi.ajbas.2013.5.5.7625

Kumar, R., Singh, S., & Singh, O. V. (2008). Bioconversion of lignocellulosic biomass: Biochemical and molecular perspectives. Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology, 35(5), 377–391. https://doi.org/10.1007/s10295-008-0327-8

Kumar, S., Sahu, N. P., Gupta, S., Deo, A. D., Shamna, N., & Ranjan, A. (2017). Inclusion level of deoiled rice bran (DORB) in the diet of Labeo rohita (Hamilton, 1882) fingerlings: Effect on growth and gene expression of IGF-I and IGF-II. Aquaculture, 481, 211–217. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.08.025

Kumar, S., Sándor Zs, J., Nagy, Z., Fazekas, G., Havasi, M., Sinha, A. K., De Boeck, G., & Gál, D. (2016). Potential of processed animal protein versus soybean meal to replace fish meal in practical diets for European catfish (Silurus glanis): growth

response and liver gene expression. Aquaculture Nutrition, January 2016, 1–11. https://doi.org/10.1111/anu.12487

Kumar, V., Sinha, A. K., Makkar, H. P. S., De Boeck, G., & Becker, K. (2012). Phytate and phytase in fish nutrition. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 96(3), 335–364. https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2011.01169.x

Lall, S. P., & Lewis-McCrea, L. M. (2007). Role of nutrients in skeletal metabolism and pathology in fish - An overview. Aquaculture, 267(1–4), 3–19. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.02.053

Lall, S. P., & Tibbetts, S. M. (2009). Nutrition, Feeding, and Behavior of Fish. In Veterinary Clinics of North America - Exotic Animal Practice (Vol. 12, Issue 2, pp. 361–372). https://doi.org/10.1016/j.cvex.2009.01.005

Lee, S., Nambi, R. W., Won, S., Katya, K., & Bai, S. C. (2016). Dietary selenium requirement and toxicity levels in juvenile Nile tilapia, Oreochromis niloticus. Aquaculture, 464, 153–158. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.06.027

Lemly, A. D. (2002). Symptoms and implications of selenium toxicity in fish: The Belews Lake case example. Aquatic Toxicology, 57(1–2), 39–49. https://doi.org/10.1016/S0166-445X(01)00264-8

Li, E., Lim, C., Cai, C., & Klesius, P. H. (2011a). Growth response and resistance to Streptococcus iniae of Nile tilapia, Oreochromis niloticus, fed diets containing different levels of wheat distiller's dried grains with solubles with or without lysine supplementation. Animal Feed Science and Technology, 170, 246–255. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.09.002

Li, F., Yin, Y., Tan, B., Kong, X., & Wu, G. (2011b). Leucine nutrition in animals and humans: MTOR signaling and beyond. Amino Acids, 41(5), 1185–1193. https://doi.org/10.1007/s00726-011-0983-2

Li, M. H., Oberle, D. F., & Lucas, P. M. (2011c). Evaluation of corn distillers dried grains with solubles and brewers yeast in diets for channel catfish Ictalurus punctatus (Rafinesque). Aquaculture Research, 42(10), 1424–1430. https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2010.02734.x

Li, M. H., Oberle, D. F., & Lucas, P. M. (2013). Apparent digestibility of alternative plant-protein feedstuffs for channel catfish, Ictalurus punctatus (Rafinesque). Aquaculture Research, 44(2), 282–288. https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2011.03035.x

Li, P., Mai, K., Trushenski, J., & Wu, G. (2009). New developments in fish amino acid nutrition: Towards functional and environmentally oriented aquafeeds. Amino Acids, 37(1), 43–53. https://doi.org/10.1007/s00726-008-0171-1

Lim, C. (1997). Replacement of Marine Animal Protein with Peanut Meal in Diets for Juvenile White Shrimp, Penaeus vannamei. Journal of Applied Aquaculture, 7(3), 67–78. https://doi.org/10.1300/J028v07n03

Lim, C., & Webster, C. D. (Eds.). (2001). Nutrition and Fish health. CRC Press.

Lim, C., Garcia, J. C., Yildirim-Aksoy, M., Klesius, P. H., Shoemaker, C. A., & Evans, J. J. (2007). Growth response and resistance to Streptococcus iniae of nile tilapia, Oreochromis niloticus, fed diets containing distiller's dried grains with solubles.

Journal of the World Aquaculture Society, 38(2), 231–237. https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2007.00093.x

Lim, C., Li, E., & Klesius, P. H. (2011). Distiller's dried grains with solubles as an alternative protein source in diets of tilapia. Reviews in Aquaculture, 3(4), 172–178. https://doi.org/10.1111/j.1753-5131.2011.01054.x

Lim, C., Yildirim-Aksoy, M., & Klesius, P. H. (2009). Growth Response and Resistance to Edwardsiella ictaluri of Channel Catfish, Ictalurus punctatus, Fed Diets Containing Distiller's Dried Grains with Solubles. Journal of the World Aquaculture Society, 40(2), 182–193. https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2009.00241.x

Lin, Y. H., Lin, H. Y., & Shiau, S. Y. (2012). Estimation of dietary pantothenic acid requirement of grouper, Epinephelus malabaricus according to physiological and biochemical parameters. Aquaculture, 324–325, 92–96. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.10.020

Linden, J. (Ed.). (2013). Optimum Vitamin Nutrition - In the production of quality animal foods. 5M Enterprises.

Liu, K. (2011). Chemical composition of distillers grains, a review. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 59(5), 1508–1526. https://doi.org/10.1021/jf103512z

Liu, K., & Rosentrater, K. A. (Eds.). (2011). Distillers Grains. CRC Press. https://doi.org/10.1201/b11047

Lock, E. J., WaagbØ, R., Wendelaar Bonga, S., & Flik, G. (2010). The significance of vitamin D for fish: A review. Aquaculture Nutrition, 16(1), 100–116. https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2009.00722.x

Looy, H., Dunkel, F. V., & Wood, J. R. (2013). How then shall we eat? Insect-eating attitudes and sustainable foodways. Agriculture and Human Values, 1–11. https://doi.org/10.1007/s10460-013-9450-x

López-Mosquera, M. E., Fernández-Lema, E., Villares, R., Corral, R., Alonso, B., & Blanco, C. (2011). Composting fish waste and seaweed to produce a fertilizer for use in organic agriculture. Procedia Environmental Sciences, 9, 113–117. https://doi.org/10.1016/j.proenv.2011.11.018

Lovell, R. T. Feeding practices. In Nutrition and Feeding of Channel Catfish; Stickney, R. R., Lovell, R. T., Eds.; Southern Cooperative Series Bulletin 218; Alabama Agriculture Experiment Station, Auburn University: Auburn, AL, 1977; pp 1-50.

Lykidis, A. (2007). Comparative genomics and evolution of eukaryotic phospholipid biosynthesis. Progress in Lipid Research, 46(3–4), 171–199. https://doi.org/10.1016/j.plipres.2007.03.003

Magalhães, R., Coutinho, F., Pousão-Ferreira, P., Aires, T., Oliva-Teles, A., & Peres, H. (2015). Corn distiller's dried grains with solubles: Apparent digestibility and digestive enzymes activities in European seabass (Dicentrarchus labrax) and meagre (Argyrosomus regius). Aquaculture, 443, 90–97. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.03.016

Magnadóttir, B. (2006). Innate immunity of fish (overview). Fish and Shellfish Immunology, 20(2), 137–151. https://doi.org/10.1016/j.fsi.2004.09.006

MA-HAL, & NAK. (2018). Halegészségügy, halbetegségek.

Mai, K., Wan, J., Ai, Q., Xu, W., Liufu, Z., Zhang, L., Zhang, C., & Li, H. (2006). Dietary methionine requirement of large yellow croaker, Pseudosciaena crocea R. Aquaculture, 253(1–4), 564–572. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.08.010

Makkar, H. (2012). Biofuel co-products as livestock feed - Opportunities and challenges. FAO.

Makkar, H. P. S., Tran, G., Heuzé, V., & Ankers, P. (2014). State-of-the-art on use of insects as animal feed. Animal Feed Science and Technology, 197, 1–33. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.008

Marin, S., Ramos, A. J., Cano-Sancho, G., & Sanchis, V. (2013). Mycotoxins: Occurrence, toxicology, and exposure assessment. Food and Chemical Toxicology, 60, 218–237. https://doi.org/10.1016/j.fct.2013.07.047

Markovic, Z., Poleksic, V., Lakic, N., Zivic, I., Dulic, Z., Stankovic, M., Spasic, M., Raskovic, B., & Sorensen, M. (2012). Evaluation of Growth and Histology of Liver and İntestine in Juvenile Carp (Cyprinus carpio, L.) Fed Extruded Diets with or without Fish Meal. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 12, 301–308. https://doi.org/10.4194/1303-2712-v12

Markowiak, P., & Ślizewska, K. (2018). The role of probiotics, prebiotics and synbiotics in animal nutrition. Gut Pathogens, 10(1), 1–20. https://doi.org/10.1186/s13099-018-0250-0

Marroquín-Cardona, A. G., Johnson, N. M., Phillips, T. D., & Hayes, A. W. (2014). Mycotoxins in a changing global environment - A review. Food and Chemical Toxicology, 69, 220–230. https://doi.org/10.1016/j.fct.2014.04.025

Mattila, P., Piironen, V., Haapala, R., Hirvi, T., & Uusi-Rauva, E. (1997). Possible Factors Responsible for the High Variation in the Cholecalciferol Contents of Fish. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 45(10), 3891–3896. https://doi.org/10.1021/jf970243j

Matuk, K. (1987). A halak altatásának újabb lehetőségei. Halászat, 33(1), 11–13.

McCarthy, I. D., & Houlihan, D. F. (1997). The effect of water temperature on protein metabolism in fish: the possible consequences for wild Atlantic salmon (Salmo salar L.) stocks in Europe as a result of global warming. In C. M. Wood, & D. G. McDonald (Eds.), Global warming: implications for freshwater and marine fish (pp. 51–77). Cambridge, UK: Cambridge University Press.

McCarthy, I. D., Moksness, E., Pavlov, D. A., & Houlihan, D. F. (1999). Effects of water temperature on protein synthesis and protein growth in juvenile Atlantic wolfish (Anarhichas lupus). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 56, 231–241.

Meena, D. K., Das, P., Kumar, S., Mandal, S. C., Prusty, A. K., Singh, S. K., Akhtar, M. S., Behera, B. K., Kumar, K., Pal, A. K., & Mukherjee, S. C. (2013). Beta-glucan: An ideal immunostimulant in aquaculture (a review). Fish Physiology and Biochemistry, 39(3), 431–457. https://doi.org/10.1007/s10695-012-9710-5

Mérida, S. N., Tomás-Vidal, A., Martínez-Llorens, S., & Cedrá, M. J. (2010). Sunflower meal as a partial substitute in juvenile sharpsnout sea bream (Diplodus puntazzo) diets: Amino acid retention, gut and liver histology. Aquaculture, 298, 275–281. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.10.025

Merrifield, D. L., Dimitroglou, A., Foey, A., Davies, S. J., Baker, R. T. M., Bøgwald, J., Castex, M., & Ringø, E. (2010). The current status and future focus of probiotic and prebiotic applications for salmonids. Aquaculture, 302(1–2), 1–18. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.02.007

Mézes, M. (2018a). A rovarfehérje, mint a fehérjeellátás új alternatívája. Állattenyésztés És Takarmányozás, 67(4), 287–296.

Mézes, M. (2018b). Alternative protein sources in the nutrition of farm animals. Acta Agraria Debreceniensis, 21–31. https://doi.org/10.34101/actaagrar/150/1699

Michelato, M., Vidal, L. V. O., Xavier, T. O., Graciano, T. S., De Moura, L. B., Furuya, V. R. B., & Furuya, W. M. (2016). Dietary threonine requirement to optimize protein retention and fillet production of fast-growing Nile tilapia. Aquaculture Nutrition, 22(4), 759–766. https://doi.org/10.1111/anu.12293

Miles, R., & Chapman, F. (2015). The Benefits of Fish Meal in Aquaculture Diets. University of Florida IFAS Extension. http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/FA/FA12200.pdf

Mohebbi, A., Nematollahi, A., Gholamhoseini, A., Tahmasebi-Kohyani, A., & Keyvanshokooh, S. (2013). Effects of dietary nucleotides on the antioxidant status and serum lipids of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). Aquaculture Nutrition, 19(4), 506–514. https://doi.org/10.1111/anu.12002

Molnár, T., Biró, J., Balogh, K., Mézes, M., & Hancz, C. (2012). Improving the nutritional value of nile tilapia fillet by dietary selenium supplementation. Israeli Journal of Aquaculture - Bamidgeh, 64(January).

Montero, D., Izquierdo, M. S., Tort, L., Robaina, L., & Vergara, J. M. (1999). High stocking density produces crowding stress altering some physiological and biochemical parameters in gilthead seabream, Sparus aurata, juveniles. Fish Physiology and Biochemistry, 20(1), 53–60. https://doi.org/10.1023/A:1007719928905

Montero, D., Kalinowski, T., Obach, A., Robaina, L., Tort, L., Caballero, M. J., & Izquierdo, M. S. (2003). Vegetable lipid sources for gilthead seabream (Sparus aurata): Effects on fish health. Aquaculture, 225(1–4), 353–370. https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00301-6

Montero, D., Robaina, L., Caballero, M. J., Ginés, R., & Izquierdo, M. S. (2005). Growth, feed utilization and flesh quality of European sea bass (Dicentrarchus labrax) fed diets containing vegetable oils: A time-course study on the effect of a re-feeding period with a 100% fish oil diet. Aquaculture, 248(1–4), 121–134. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.03.003

Mourente, G., & Bell, J. G. (2006). Partial replacement of dietary fish oil with blends of vegetable oils (rapeseed, linseed and palm oils) in diets for European sea bass (Dicentrarchus labrax L.) over a long term growth study: Effects on muscle and liver fatty acid composition and effectiveness of a fish oil finishing diet. Comparative Biochemistry and Physiology - B Biochemistry and Molecular Biology, 145(3–4), 389–399. https://doi.org/10.1016/j.cbpb.2006.08.012

Moutinho, S., Martínez-Llorens, S., Tomás-Vidal, A., Jover-Cerdá, M., Oliva-Teles, A., & Peres, H. (2017). Meat and bone meal as partial replacement for fish meal in diets for gilthead seabream (Sparus aurata) juveniles: Growth, feed efficiency, amino acid

utilization, and economic efficiency. Aquaculture, 468(999), 271–277. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.10.024

Mráz, J., Máchová, J., Kozák, P., & Pickova, J. (2012). Lipid content and composition in common carp - optimization of n-3 fatty acids in different pond production systems. Journal of Applied Ichthyology, 28(2), 238–244. https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2011.01904.x

Nagy, Z., Havasi, M., Gál, D., & Hancz, C. (2017). Effects of different European catfish feeds on production parameters and water quality in limnocorrals Effects of different European catfish feeds on production parameters and water quality in limnocorrals. Acta Agraria Kaposváriensis, 21(1), 15–27.

Nakamura, Y. (1982). Effects of Dietary Phosphorus and Calcium Contents on the Absorption of Phosphorus in the Digestive Tract of Carp. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisherises, 48(3), 409–413.

Nakazawa, N., & Okazaki, E. (2020). Recent research on factors influencing the quality of frozen seafood. Fisheries Science, 86(2), 231–244. https://doi.org/10.1007/s12562-020-01402-8

Nandakumar, S., Ambasankar, K., Ali, S. S. R., Syamadayal, J., & Vasagam, K. (2017). Replacement of fish meal with corn gluten meal in feeds for Asian seabass (Lates calcarifer). Aquaculture International, 25(4), 1495–1505. https://doi.org/10.1007/s10499-017-0133-2

Nayak, S. K. (2010). Probiotics and immunity: A fish perspective. Fish and Shellfish Immunology, 29(1), 2–14. https://doi.org/10.1016/j.fsi.2010.02.017

Németh, S., Horváth, Z., Felföldi, Z., Beliczky, G., & Demeter, K. (2013). The use of permitted ectoparasite disinfection methods on young pike-perch (Sander lucioperca) after transition from over-wintering lake to RAS. AACL Bioflux, 6(1), 1–11.

Norambuena, F., Hermon, K., Skrzypczyk, V., Emery, J. A., Sharon, Y., Beard, A., & Turchini, G. M. (2015). Algae in fish feed: Performances and fatty acid metabolism in juvenile Atlantic Salmon. PLoS ONE, 10(4), 1–17. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0124042

NRC. (2011). Nutrient Requirements of Fish and Shrimp. National Academies Press. https://doi.org/10.17226/13039

Nwanna, L. C., Lemme, A., Metwally, A., & Schwarz, F. J. (2012). Response of common carp (Cyprinus carpio L .) to supplemental DL-methionine and different feeding strategies ☆. Aquaculture, 356–357, 365–370. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.04.044

Obirikorang, K. A., Amisah, S., Winston Agbo, N., Adjei Boateng, D., Gyasi Adjei, N., & Vilhelm Skov, P. (2016). Evaluation of Locally-available Agroindustrial Byproducts as Partial Replacements to Fishmeal in Diets for Nile Tilapia (Oreochromis niloticus) Production in Ghana. Journal of Animal Research and Nutrition, 01(01), 1–9. https://doi.org/10.21767/2572-5459.100002

OECD/FAO. (2017). OECD-FAO Agricultural Outlook 2017-2026. OECD Publishing. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2017-en

Ogata, H. (2002). Muscle buffering capacity of yellowtail fed diets supplemented with crystalline histidine. Journal of Fish Biology, 61(6), 1504–1512. https://doi.org/10.1006/jfbi.2002.2169

Oliva-Teles, A., & Rodrigues, A. M. (1991). The effect of high temperature and diet protein level on metabolic utilization of diets by rainbow trout. In S. J. Kaushik & P. Luquet (Eds.), Fish Nutrition in Practice. (Vol. 61, pp. 301–305). INRA.

Oliveira, K. R. B., Segura, J. G., Oliveira, B. A., Medeiros, A. C. L., Zimba, R. D., & Viegas, E. M. M. (2020). Distillers' dried grains with soluble in diets for Pacu, Piaractus mesopotamicus juveniles: Growth performance, feed utilization, economic viability, and phosphorus release. Animal Feed Science and Technology, 262(October 2019), 114393. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114393

Olsvik, P. A., Hemre, G. I., & Waagbø, R. (2013). Exploring Early Micronutrient Deficiencies in Rainbow Trout (Oncorhynchus mykiss) by Next-Generation Sequencing Technology - From Black Box to Functional Genomics. PLoS ONE, 8(7). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0069461

Øverland, M., & Skrede, A. (2017). Yeast derived from lignocellulosic biomass as a sustainable feed resource for use in aquaculture. Journal of the Science of Food and Agriculture, 97(3), 733–742. https://doi.org/10.1002/jsfa.8007

Øverland, M., Krogdahl, Å., Shurson, G., Skrede, A., & Denstadli, V. (2013). Evaluation of distiller' s dried grains with solubles (DDGS) and high protein distiller' s dried grains (HPDDG) in diets for rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). Aquaculture, 416–417, 201–208. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.09.016

Øverland, M., Sørensen, M., Storebakken, T., Penn, M., Krogdahl, Å., & Skrede, A. (2009). Pea protein concentrate substituting fish meal or soybean meal in diets for Atlantic salmon (Salmo salar)-Effect on growth performance, nutrient digestibility, carcass composition, gut health, and physical feed quality. Aquaculture, 288(3–4), 305–311. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.12.012

Palásti, P., Kiss, M., Gulyás, Á., & Kerepeczki, É. (2020). Expert knowledge and perceptions about the ecosystem services and natural values of Hungarian fishpond systems. Water (Switzerland), 12(8). https://doi.org/10.3390/W12082144

Papp, Z. G., Jeney, Z., & Jeney, G. (1995). Comparative studies on the effect of vitamin C feeding of European catfish (Silurus glanis L.) and sturgeon hybrid (Acipenser ruthenus L. ×Acipenser baeri L.). Journal of Applied Ichthyology, 11(3–4), 372–374. https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.1995.tb00043.x

Parry, M., Canziani, O., Palutikof, J., Linden, P. van der, & Hanson, C. (2007). Climate Change 2007: impacts, adaptation and vulnerability: contribution of Working Group II to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel. In Genebra, Suíça. https://doi.org/10.1256/004316502320517344

Pekel, A. Y., Çalık, A., Kuter, E., Alataş, M. S., Öklen, S. B., Kızıl, A., Bulat, M., & Cengiz, Ö. (2020). Impact of chemical and physical properties on flowability characteristics of corn distillers dried grains with solubles. International Agrophysics, 34(2), 195–202. https://doi.org/10.31545/INTAGR/117502

Pelyhe, C., Kövesi, B., Zándoki, E., Kovács, B., Szabó-Fodor, J., Mézes, M., & Balogh, K. (2016). Effect of 4-week feeding of deoxynivalenol- or T-2-toxin-contaminated diet on lipid peroxidation and glutathione redox system in the hepatopancreas of

common carp (Cyprinus carpio L.). Mycotoxin Research, 32(2), 77–83. https://doi.org/10.1007/s12550-016-0242-1

Pepper, V. A., & Crim, L. W. (1996). Broodstock management. In Developments in Aquaculture and Fisheries Science (Vol. 29, Issue C, pp. 231–289). https://doi.org/10.1016/S0167-9309(96)80007-X

Pereira, O., Rosa, E., Pires, M. A., & Fonta, A. (2002). Brassica by-products in diets of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) and their effects on performance , body composition , thyroid status and liver histology. 101, 171–182.

Pereira, T. G., & Oliva-Teles, A. (2002). Preliminary evaluation of pea seed meal in diets for gilthead sea bream (Sparus aurata) juveniles. Aquaculture Research, 33(14), 1183–1189. https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.2002.00782.x

Peres, H., Santos, S., & Oliva-Teles, A. (2013). Selected plasma biochemistry parameters in gilthead seabream (Sparus aurata) juveniles. Journal of Applied Ichthyology, 29(3), 630–636. https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2012.02049.x

Péteri, A., Janurik, E., & Kepenyes, J. (2013). A recirkulációs rendszerekben történő üzemi halnevelés biológiai és technikai háttere, valamint Kelet-Európai alkalmazásának lehetőségei. Magyar Akvakultúra Szövetség.

Petitjean, M., & Csengeri, I. (1995). Microencapsulation of hydrosoluble additives to artificial diets for cyprinid larvae to avoid leaching. Aquaculture, 129, 254. https://doi.org/10.1016/0044-8486(95)91975-2

Pietsch, C. (2020). Risk assessment for mycotoxin contamination in fish feeds in Europe. Mycotoxin Research, 36(1), 41–62. https://doi.org/10.1007/s12550-019-00368-6

Pietsch, C., Kersten, S., Valenta, H., Dänicke, S., Schulz, C., Burkhardt-Holm, P., & Junge, R. (2015). Effects of dietary exposure to zearalenone (ZEN) on carp (Cyprinus carpio L.). Toxins, 7(9), 3465–3480. https://doi.org/10.3390/toxins7093465

Pietsch, C., Michel, C., Kersten, S., Valenta, H., Dänicke, S., Schulz, C., Kloas, W., & Burkhardt-Holm, P. (2014). In vivo effects of deoxynivalenol (DON) on innate immune responses of carp (Cyprinus carpio L.). Food and Chemical Toxicology, 68, 44–52. https://doi.org/10.1016/j.fct.2014.03.012

Pinto, W., Figueira, L., Dinis, M. T., & Aragão, C. (2009). How does fish metamorphosis affect aromatic amino acid metabolism? Amino Acids, 36(2), 177–183. https://doi.org/10.1007/s00726-008-0045-6

Pitt, J. I., Taniwaki, M. H., & Cole, M. B. (2013). Mycotoxin production in major crops as influenced by growing, harvesting, storage and processing, with emphasis on the achievement of Food Safety Objectives. Food Control, 32(1), 205–215. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.11.023

Pohlenz, C., & Gatlin, D. M. (2014). Interrelationships between fish nutrition and health. Aquaculture, 431, 111–117. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.02.008

Prabhu, P. A. J., Schrama, J. W., & Kaushik, S. J. (2013). Quantifying dietary phosphorus requirement of fish - a meta-analytic approach. Aquaculture Nutrition, 19(3), 233–249. https://doi.org/10.1111/anu.12042

Prabhu, P. A. J., Schrama, J. W., & Kaushik, S. J. (2014). Mineral requirements of fish: A systematic review. Reviews in Aquaculture, 1–48. https://doi.org/10.1111/raq.12090

Prabhu, P. A. J., Silva, M. S., Kröeckel, S., Holme, M. H., Ørnsrud, R., Amlund, H., Lock, E. J., & Waagbø, R. (2019). Effect of levels and sources of dietary manganese on growth and mineral composition of post-smolt Atlantic salmon fed low fish meal, plant-based ingredient diets. Aquaculture, 512(July), 734287. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734287

Prchal, M., Kocour, M., Vandeputte, M., Kause, A., Vergnet, A., Zhao, J., Gela, D., Kašpar, V., Genestout, L., Bestin, A., Haffray, P., & Bugeon, J. (2020). Morphological predictors of slaughter yields using 3D digitizer and their use in a common carp breeding program. Aquaculture, 520(October 2019), 734993. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.734993

Price, C., Black, K. D., Hargrave, B. T., & Morris, J. A. (2014). Marine cage culture and the environment: Effects on water quality and primary production. Aquaculture Environment Interactions, 6(2), 151–174. https://doi.org/10.3354/aei00122

Qian, Y., Li, X. F., Zhang, D. D., Cai, D. Sen, Tian, H. Y., & Liu, W. Bin. (2015). Effects of dietary pantothenic acid on growth, intestinal function, anti-oxidative status and fatty acids synthesis of juvenile blunt snout bream Megalobrama amblycephala. PLoS ONE, 10(3), 1–18. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0119518

Radi, A. A. R., Matkovics, B., & Csengeri, I. (1987). Comparative studies of the phospholipid fatty acids and the antioxidant enzyme activities in fish with different feeding habits. Comparative Biochemistry and Physiology -- Part B:, 87B(1), 49–54. https://doi.org/10.1016/0305-0491(87)90469-X

Rana, K. J., Siriwardena, S., & Hasan, M. R. (2009). Impact of rising feed ingredient prices on aquafeeds and aquaculture production. In FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper (Vol. 541).

Ranjan, R., & Bavitha, M. (2015). Lupins - An alternative protein source for aquaculture diets. International Journal of Applied Research, 1(3), 4–8. https://www.allresearchjournal.com/vol1issue3/PartA/pdf/61.1.pdf

Ravindran, V., Bryden, W., & Kornegay, E. (1995). Phytates: occurrence, bioavailability and implications in poultry nutrition.

Reddy, M. B., & Love, M. (1999). The impact of food processing on the nutritional quality of vitamins and minerals. In Impact of Processing on Food Safety (pp. 99–106). https://doi.org/10.1007/978-1-4615-4853-9_7

Ribeiro, A. R. A., Ribeiro, L., Sæle, Dinis, M. T., & Moren, M. (2012). Iodine and selenium supplementation increased survival and changed thyroid hormone status in Senegalese sole (Solea senegalensis) larvae reared in a recirculation system. Fish Physiology and Biochemistry, 38(3), 725–734. https://doi.org/10.1007/s10695-011-9554-4

Richard, J. L. (2007). Some major mycotoxins and their mycotoxicoses-An overview. International Journal of Food Microbiology, 119(1–2), 3–10. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2007.07.019

Rinchard, J., Mbahinzireki, G., Dabrowski, K., Lee, K.-J., Garcia-Abiado, M.-A., & Ottobre, J. (2002). Effects of dietary cottonseed meal protein level on growth, gonad development and plasma sex steroid hormones of tropical fish tilapia Oreochromis sp. Aquaculture International, 10(1). https://doi.org/10.1023/A:1021379328778

Ringø, E., Olsen, R. E., Gifstad, T., Dalmo, R. A., Amlund, H., Hemre, G. I., & Bakke, A. M. (2010). Prebiotics in aquaculture: A review. Aquaculture Nutrition, 16(2), 117–136. https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2009.00731.x

Rink, L., & Gabriel, P. (2000). Zinc and the immune system. Proceedings of the Nutrition Society, 59(4), 541–552. https://doi.org/10.1017/S0029665100000781

Ritala, A., Häkkinen, S. T., Toivari, M., & Wiebe, M. G. (2017). Single cell protein-state-of-the-art, industrial landscape and patents 2001-2016. Frontiers in Microbiology, 8(OCT). https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.02009

Robaina, L., Izquierdo, M. S., Moyano, F. J., Socorro, J., Vergara, J. M., Montero, D., & Fernández-Palacios, H. (1995). Soybean and lupin seed meals as protein sources in diets for gilthead seabream (Sparus aurata): nutritional and histological implications. Aquaculture, 130(2–3), 219–233. https://doi.org/10.1016/0044-8486(94)00225-D

Roberfroid, M. B. (2005). Introducing inulin-type fructans. British Journal of Nutrition, 93(S1), S13–S25. https://doi.org/10.1079/bjn20041350

Robinson, E. H., & Li, M. H. (2008). Replacement of soybean meal in channel catfish, ictalurus punctatus, diets with cottonseed meal and Distiller's dried grains with solubles. Journal of the World Aquaculture Society, 39(4), 521–527. https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2008.00190.x

Robinson, E. H., & Li, M. H. (2015). A Brief Overview of Catfish Nutrition. Mississippi Agricultural and Forestry Experiment Station Research Report, 24(16), 1–6. https://extension.msstate.edu/sites/default/files/pdf//rr24-16.pdf

Rodrigues, R. B., Lui, T. A., Neu, D. H., Boscolo, W. R., & Bittencourt, F. (2018). Valine in diets for Nile tilapia. Revista Ciencia Agronomica, 49(3), 467–474. https://doi.org/10.5935/1806-6690.20180053

Rónyai, A., & Gál, D. (2005). Effect of different proportion in the diet of rice bran on the production performance of Common carp (Cyprinus carpio L.). Aquaculture Europe, 388–389.

Rónyai, A., & Ruttkay, A. (1990). Growth and food utilization of wels fry (Silurus glanis L.) fed with Tubifex worms. Aquacultura Hungarica, 6, 193–202.

Rónyai, A., Csengeri, I., & Majoros, F. (2002). EFFECTS OF THE EXTRUDED FEEDS MANUFACTURED IN HUNGARY ON THE GROWTH PERFORMANCE OF STERLET AND AFRICAN CATFISH. International Symposium on Fish Nutrition and Feeding. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.35600.10245

Rumpold, B. A., & Schlüter, O. K. (2013). Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 17, 1–11. https://doi.org/10.1016/j.ifset.2012.11.005

Ruttkay, A. (2016). Az édesvízi akvakultúra alapjai és a magyar haltenyésztés sajátosságai (A. Péteri (ed.)). NAIK Halászati Kutatóintézet.

Safi, C., Zebib, B., Merah, O., Pontalier, P.-Y., & Vaca-Garcia, C. (2014). Morphology, composition, production, processing and applications of Chlorella vulgaris: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 35, 265–278. https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.04.007

Sandnes, K. (1991). Vitamin C in fish nutrition – a review. Fiskeridir Skrift Ser Ernær, IV (1), 3–32.

Sándor, Z. J., Papp, Z. G., Kosáros, T., Hegedűs, R., & Csengeri, I. (2012). Potential effect of pharmaceuticals and their residues in aquatic environment. Studia Universitatis Vasile Goldis Arad.

Sándor, Z. J., Révész, N., Biró, J. N., & Rónyai, A. (2020). Comparison of carp filet quality produced in semi-intensive pond system using different type of feeds. Aacl Bioflux, 13(5), 2970–2981. http://www.bioflux.com.ro/aacl

Sanz, A., Morales, A. E., de la Higuera, M., & Gardenete, G. (1994). Sunflower meal compared with soybean meals as partial substitutes for fish meal in rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) diets: protein and energy utilization. Aquaculture, 128(3–4), 287–300. https://doi.org/10.1016/0044-8486(94)90318-2

Sargent, J. R., Bell, J. G., Bell, M. V., Henderson, R. J., & Tocher, D. R. (1995). Requirement criteria for essential fatty acids. Journal of Applied Ichthyology, 11(3–4), 183–198. https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.1995.tb00018.x

Satoh, S., Poe, W. E., & Wilson, R. P. (1989). Effect of supplemental phytate and/or tricalcium phosphate on weight gain, feed efficiency and zinc content in vertebrae of channel catfish. Aquaculture, 80(1–2), 155–161. https://doi.org/10.1016/0044-8486(89)90281-0

Schaeffer, T. W., Brown, M. L., & Rosentrater, K. A. (2009). Performance Characteristics of Nile Tilapia (Oreochromis niloticus) Fed Diets Containing Graded Levels of Fuel-Based Distillers Dried Grains with Solubles. Journal of Aquaculture Feed Science and Nutrition, 1(4), 78–83. https://doi.org/10.3923/joafsnu.2009.78.83

Schaeffer, T. W., Brown, M. L., & Rosentrater, K. A. (2012). Growth and Stress Resistance of Advanced Sized Nile Tilapia Fed Diets Containing Fuel-Based DDGS and Yeast. Journal of Applied Aquaculture, 24(3), 210–220. https://doi.org/10.1080/10454438.2012.679133

Schaeffer, T. W., Brown, M. L., Rosentrater, K. A., & Muthukumarappan, K. (2010). Utilization of diets containing graded levels of ethanol production co-products by Nile tilapia. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 94(6). https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2010.01020.x

Schmidt, J. (Ed.). (2020). A takarmányozás alapjai. Mediaworks Hungary Zrt.

Schugar, R. C., & Crawford, P. A. (2012). Low-carbohydrate ketogenic diets, glucose homeostasis, and nonalcoholic fatty liver disease. Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care, 15(4), 374–380. https://doi.org/10.1097/MCO.0b013e3283547157

Schwarz, F. J., Kirchgessner, M., & Deuringer, U. (1998). Studies on the methionine requirement of carp (Cyprinus carpio L.). Aquaculture, 161(1–4), 121–129. https://doi.org/10.1016/S0044-8486(97)00262-7

Sealey, W. M., Barrows, F. T., Hang, A., Johansen, K. A., Overturf, K., LaPatra, S. E., & Hardy, R. W. (2008). Evaluation of the ability of barley genotypes containing different amounts of β-glucan to alter growth and disease resistance of rainbow trout Oncorhynchus mykiss. Animal Feed Science and Technology, 141(1–2), 115–128. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.05.022

Sealey, W. M., Hardy, R. W., Barrows, F. T., Pan, Q., & Stone, D. A. J. (2011). Evaluation of 100% Fish Meal Substitution with Chicken Concentrate, Protein Poultry By-Product Blend, and Chicken and Egg Concentrate on Growth and

Disease Resistance of Juvenile Rainbow Trout, Oncorhynchus mykiss. Journal of the World Aquaculture Society, 42(1), 46–55. https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2010.00442.x

Serrano, P. H. (2005). Responsible use of antibiotics in aquaculture. In FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper (Vol. 469).

Shapawi, R., Ng, W. K., & Mustafa, S. (2007). Replacement of fish meal with poultry by-product meal in diets formulated for the humpback grouper, Cromileptes altivelis. Aquaculture, 273(1), 118–126. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.09.014

Sharf, Y., & Khan, M. A. (2020). Effect of dietary isoleucine level on growth, protein retention efficiency, haematological parameter, lysozyme activity and serum antioxidant status of fingerling Channa punctatus (Bloch). Aquaculture Nutrition, 26(3), 908–920. https://doi.org/10.1111/anu.13049

Sharifzadeh, S. A., Khara, H., & Ghobadi, S. (2015). Effects of Vitamin E and Riboflavin (B2) and their Combination on Growth and Survival of Common carp, Cyprinus carpio Fingerlings. Journal of Fisheries and Aquatic Science, 10(1), 63–68.

Shefat, S. H. T., & Karim, M. A. (2018). Nutritional Diseases of Fish in Aquaculture and Their Management: A Review. Acta Scientific Pharmaceutical Sciences, 2(12), 50–58.https://www.researchgate.net/publication/330000115_Acta_Scientific_Pharmaceutical_Sciences_ISSN_25815423_Nutritional_Diseases_of_Fish_in_Aquaculture_and_Their_Management_A_Review

Shiau, S. Y., & Chin, Y. H. (1999). Estimation of the dietary biotin requirement of juvenile hybrid tilapia, Oreochromis niloticus x O. aureus. Aquaculture, 170(1), 71–78. https://doi.org/10.1016/S0044-8486(98)00391-3

Shurson, G. C. (2018). Yeast and yeast derivatives in feed additives and ingredients: Sources, characteristics, animal responses, and quantification methods. Animal Feed Science and Technology, 235(November 2017), 60–76. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.11.010

Shurson, G. C., Salzer, T. M., Koehler, D. D., & Whitney, M. H. (2011). Effect of metal specific amino acid complexes and inorganic trace minerals on vitamin stability in premixes. Animal Feed Science and Technology, 163(2–4), 200–206. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.11.001

Shurson, J. (2012). Corn Distillers Dried Grains With Solubles. Economical Source of Energy, Protein In Aquafeed. Global Aquaculture Advocate, August, 77–78.

Sigurgisladottir, S., Lall, S. P., Parrish, C. C., & Ackman, R. G. (1992). Cholestane as a digestibility marker in the absorption of polyunsaturated fatty acid ethyl esters in Atlantic salmon. Lipids, 27(6), 418–424. https://doi.org/10.1007/BF02536382

Silva, T. S. C., Moro, G. V., Silva, T. B. A., Dairiki, J. K., & Cyrino, J. E. P. (2013). Digestibility of feed ingredients for the striped surubim Pseudoplatystoma reticulatum. Aquaculture Nutrition, 19(4), 491–498. https://doi.org/10.1111/anu.12000

Smith, C. E., Brin, M., & Halver, J. E. (1974). Biochemical, Physiological, and Pathological Changes in Pyridoxine-Deficient Rainbow Trout (Salmo gairdneri). Journal of the Fisheries Research Board of Canada, 31(12), 1893–1898. https://doi.org/10.1139/f74-247

Smith, I., Ellis, R., & Thompson, W. (2011). Case Report — Sulfur Toxicosis in Cattle caused by Corn Gluten Feed. The Bovine Practitioner, 45(1), 57–61.

Soheil, L., Hossein, K., Shabanali, N., Mehdi, M., & Firouz, A. (2013). The effects of folic acid treatment on biometric and blood parameters of fingerling rainbow trout fishes (Oncorhynchus mykiss). Journal of Aquaculture Research and Development, 4(3). https://doi.org/10.4172/2155-9546.1000175

Soliman, N. F., Yacout, D. M. M., & Hassaan, M. A. (2017). Responsible Fishmeal Consumption and Alternatives in the Face of Climate Change. International Journal of Marine Sciences, 7(15), 130–140. https://doi.org/10.5376/ijms.2017.07.0015

Song, D., Yun, Y., Mi, J., Luo, J., Jin, M., Nie, G., & Zhou, Q. (2020). Effects of faba bean on growth performance and fillet texture of Yellow River carp, Cyprinus carpio haematopterus. Aquaculture Reports, 17(April), 100379. https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100379

Sørensen, M., Berge, G. M., Thomassen, M., Ruyter, B., Hatlen, B., & Ytrestøyl, T. (2011). Today' s and tomorrow' s feed ingredients in Norwegian aquaculture (Issue December).

Sørmo, E. G., Ciesielski, T. M., Øverjordet, I. B., Lierhagen, S., Eggen, G. S., Berg, T., & Jenssen, B. M. (2011). Selenium moderates mercury toxicity in free-ranging freshwater fish. Environmental Science and Technology, 45(15), 6561–6566. https://doi.org/10.1021/es200478b

Steyn, P. S. (1995). Mycotoxins, general view, chemistry and structure. Toxicology Letters, 82–83(C), 843–851. https://doi.org/10.1016/0378-4274(95)03525-7

Suárez-Jiménez, G. M., López-Saiz, C. M., Ramírez-Guerra, H. E., Ezquerra-Brauer, J. M., Ruiz-Cruz, S., & Torres-Arreola, W. (2016). Role of endogenous and exogenous tocopherols in the lipid stability of marine oil systems: A review. International Journal of Molecular Sciences, 17(12). https://doi.org/10.3390/ijms17121968

Sugita, H., Miyajima, C., & Deguchi, Y. (1991). The vitamin B12-producing ability of the intestinal microflora of freshwater fish. Aquaculture, 92(C), 267–276. https://doi.org/10.1016/0044-8486(91)90028-6

Sugiura, S. H., Dong, F. M., Rathbone, C. K., & Hardy, R. W. (1998). Apparent protein digestibility and mineral availabilities in various feed ingredients for salmonid feeds. Aquaculture, 159(3–4), 177–202. https://doi.org/10.1016/S0044-8486(97)00177-4

Sundh, H., & Sundell, K. S. (2015). Environmental impacts on fish mucosa. In Mucosal Health in Aquaculture. Elsevier Inc. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417186-2.00007-8

Suprayudi, M. A., Yaniharto, D., Priyoutomo, N., Kurnianto, A., Ekasari, J., Dedijusadi, & Haga, Y. (2015). Evaluation of practical diets containing high levels of corn distillers dried grains with soluble on red tilapia floating net cage production performance. In Pakistan Journal of Nutrition (Vol. 14, Issue 10, pp. 708–711). https://doi.org/10.3923/pjn.2015.708.711

Svetina, A., Matasin, Z., Tofant, A., Vucemilo, M., & Fijan, N. (2002). Haematology and some blood chemical parameters of young carp till the age of three years. Acta Veterinaria Hungarica, 50(4), 459–467. https://doi.org/10.1556/AVet.50.2002.4.8

Szabó, A., Mézes, M., Hancz, C., Molnár, T., Varga, D., Romvári, R., & Fébel, H. (2011). Incorporation dynamics of dietary vegetable oil fatty acids into the triacylglycerols and phospholipids of tilapia (Oreochromis niloticus) tissues (fillet, liver, visceral fat and gonads). Aquaculture Nutrition, 17(2). https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2009.00743.x

Szabó, M. S., & Csáki, K. F. (2013). No Az aflatoxin szennyezettség csökkentésének lehetőségei az élelmiszerláncban.

Tacon, A G. J., Metian, M., & Hasan, M. R. (2009). Feed ingredients and fertilizers for farmed aquatic animals: Sources and composition. In FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper (Vol. 540).

Tacon, A. G. J. (1992). Nutritional fish pathology.

Tacon, A. G. J. (1998). Feeding tomorrow' s fish: Keys for sustainability. AGRIS, 22, 11–33.

Tacon, A. G. J., & Metian, M. (2008). Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. Aquaculture, 285(1–4), 146–158. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.08.015

Tahoun, A. M., Abo-State, H., & Hammouda, Y. A. (2009). Effect of Adding Commercial Phytase to DDGS Based Diets on the Performance and Feed Utilization of Nile Tilapia (Oreochromis niloticus) Fingerlings. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences, 5(4), 550–555.

Takahashi, K., Inoue, N., & Shinano, H. (1993). Effect of storage temperature on freeze denaturation of carp myofibrils with KCl or NaCl. Nippon Suisan Gakkaishi Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 59(3), 519–527.

Takeuchi, A., Okano, T., Tanda, M., & Kobayashi, T. (1991). Possible origin of extremely high contents of vitamin D3 in some kinds of fish liver. Comparative Biochemistry and Physiology -- Part A: Physiology, 100(2), 483–487. https://doi.org/10.1016/0300-9629(91)90504-6

Takeuchi, T., & Watanabe, T. (1977). Requirement of Carp for Essential Fatty Acids. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisherises, 43(5), 541–551. https://doi.org/10.2331/suisan.43.541

Tang, L., Feng, L., Sun, C. Y., Chen, G. F., Jiang, W. D., Hu, K., Liu, Y., Jiang, J., Li, S. H., Kuang, S. Y., & Zhou, X. Q. (2013). Effect of tryptophan on growth, intestinal enzyme activities and TOR gene expression in juvenile Jian carp (Cyprinus carpio var. Jian): Studies in vivo and in vitro. Aquaculture, 412–413, 23–33. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.07.002

Tasnádi, R. (2005). Haltakarmányozás a gyakorlatban. Agroinform Kiadó.

Teles, A. O., Couto, A., Enes, P., & Peres, H. (2020). Dietary protein requirements of fish – a meta-analysis. Reviews in Aquaculture, 12(3), 1445–1477. https://doi.org/10.1111/raq.12391

Thangam, D. Y. (2016). Copper Toxicity and Bioassay Studies on Freshwater Fish Cyprinus Carpio International Journal of Science and Research (IJSR), 5(9), 1742–1745. https://www.ijsr.net/archive/v5i9/11091607.pdf

Thompson, K. R., Rawles, S. D., Metts, L. S., Smith, R., Wimsatt, A., Gannam, A. L., Twibell, R. G., Johnson, R. B., Brady, Y. J., & Webster, C. D. (2008). Digestibility

of dry matter, protein, lipid, and organic matter of two fish meals, two poultry by-product meals, soybean meal, and distiller's dried grains with solubles in practical diets for sunshine bass, morone chrysops × M. saxatilis. Journal of the World Aquaculture Society, 39(3), 352–363. https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2008.00174.x

Thrall, M. A., Weiser, G., Allison, R. W., & Campbell, T. W. (Eds.). (2012). Veterinary hematology and clinical chemistry (2nd ed.).

Tian, J. jing, Ji, H., Wang, Y. fei, Xie, J., Wang, G. jun, Li, Z. fei, Yu, E. meng, Yu, D. guang, Zhang, K., & Gong, W. bao. (2019). Lipid accumulation in grass carp (Ctenopharyngodon idellus) fed faba beans (Vicia faba L.). Fish Physiology and Biochemistry, 45(2), 631–642. https://doi.org/10.1007/s10695-018-0589-7

Tidwell, J. H., Coyle, S. D., van Arnum, A., & Weibel, C. (2000). Growth, Survival, and Body Composition of Cage-Cultured Nile Tilapia Oreochromis niloticus Fed Pelleted and Unpelleted Distillers Grains with Solubles in Polyculture with Freshwater Prawn Macrobrachiurn rosenbergii. Journal of the World Aquaculture Society, 31(4).

Tirado, M. C., Clarke, R., Jaykus, L. A., McQuatters-Gollop, A., & Frank, J. M. (2010). Climate change and food safety: A review. Food Research International, 43(7), 1745–1765. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.07.003

Tocher, D. R. (2010). Fatty acid requirements in ontogeny of marine and freshwater fish. Aquaculture Research, 41(5), 717–732. https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2008.02150.x

Tocher, D. R., Bendiksen, E. Å., Campbell, P. J., & Bell, J. G. (2008). The role of phospholipids in nutrition and metabolism of teleost fish. Aquaculture, 280(1–4), 21–34. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.04.034

Tola, S., Bureau, D., Hooft, J., Beamish, F., Sulyok, M., Krska, R., Encarnação, P., & Petkam, R. (2015). Effects of Wheat Naturally Contaminated with Fusarium Mycotoxins on Growth Performance and Selected Health Indices of Red Tilapia (Oreochromis niloticus × O. mossambicus). Toxins, 7(6), 1929–1944. https://doi.org/10.3390/toxins7061929

Torstensen, B. E., Bell, J. G., Rosenlund, G., Henderson, R. J., Graff, I. E., Tocher, D. R., Lie, Ø., & Sargent, J. R. (2005). Tailoring of atlantic salmon (Salmo salar L.) flesh lipid composition and sensory quality by replacing fish oil with a vegetable oil blend. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53(26), 10166–10178. https://doi.org/10.1021/jf051308i

Torstensen, B. E., Espe, M., Stubhaug, I., & Lie, Ø. (2011). Dietary plant proteins and vegetable oil blends increase adiposity and plasma lipids in Atlantic salmon (Salmo salar L.). The British Journal of Nutrition, 106(5), 633–647. https://doi.org/10.1017/S0007114511000729

Trbović, D., Marković, Z., Milojković-Opsenica, D., Petronijević, R., Spirić, D., Djinović-Stojanović, J., & Spirić, A. (2013). Influence of diet on proximate composition and fatty acid profile in common carp (Cyprinus carpio). Journal of Food Composition and Analysis, 31(1), 75–81. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2013.04.002

Trichet, V. V., Santigosa, E., Cochin, E., & Gabaudan, J. (2015). The Effect of Vitamin C on Fish Health. Dietary Nutrients, Additives, and Fish Health, 151–171. https://doi.org/10.1002/9781119005568.ch7

Trushenski, J., & Gause, B. (2013). Comparative value of fish meal alternatives as protein sources in feeds for hybrid Striped Bass. North American Journal of Aquaculture, 75(3), 329–341. https://doi.org/10.1080/15222055.2013.768574

Tschirner, M., & Kloas, W. (2017). Increasing the sustainability of aquaculture systems: Insects as alternative protein source for fish diets. Gaia, 26(4), 332–340. https://doi.org/10.14512/gaia.26.4.10

Urán, P. A., Gonçalves, A. A., Taverne-Thiele, J. J., Schrama, J. W., Verreth, J. A. J., & Rombout, J. H. W. M. (2008). Soybean meal induces intestinal inflammation in common carp (Cyprinus carpio L.). Fish and Shellfish Immunology, 25(6), 751–760. https://doi.org/10.1016/j.fsi.2008.02.013

USGC. (2012). A guide to Distiller's Dried Grains with Solubles (DDGS). U.S. Grain Council, 3rd Ed.

van Huis, A. (2013). Potential of Insects as Food and Feed in Assuring Food Security. Annual Review of Entomology, 58(1), 563–583. https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120811-153704

Varga, D., Hancz, C., & Szabó, A. (2020). Selective mobilization of fatty acids in common carp (Cyprinus carpio) during long-term starvation. AACL Bioflux, 13(3), 1366–1373.

Varga, D., Hancz, C., Horn, P., Molnár, T., & Szabó, A. (2013). Environmental factors influencing the slaughter value and flesh quality of the common carp in four typical fish farms in Hungary. Acta Alimentaria, 42(4), 495–503. https://doi.org/10.1556/AAlim.42.2013.4.4

Varga, D., Sándor, Z., Hancz, C., Csengeri, I., Jeney, Z., & Papp, Z. (2015). Off-flavour compounds in common carp (cyprinus carpio L.) flesh in context of type of fish pond. Acta Alimentaria, 44(2), 311–315. https://doi.org/10.1556/066.2015.44.0008

Varga, D., Szabó, A., Hancz, C., Jeney, Z., Ardó, L., Molnár, M., & Molnár, T. (2014). Impact of handling and pre-mortal stress on the flesh quality of common carp (Cyprinus carpio L.). Israeli Journal of Aquaculture - Bamidgeh, 66(April).

Varju, M., & Mézes, M. (2016). Éhezés hatására bekövetkező élettani folyamatok halakban. Állattenyésztés És Takarmányozás, 65(3), 23–39.

Velázquez, M., & Martínez, F. J. (2005). Design and testing of a faeces-collecting device for fish digestibility studies using demand or automatic feeding. Aquacultural Engineering, 33(2), 126–134. https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2004.12.004

Velisek, J., Svobodova, Z., & Machova, J. (2009). Effects of bifenthrin on some haematological, biochemical and histopathological parameters of common carp (Cyprinus carpio L.). Fish Physiology and Biochemistry, 35(4), 583–590. https://doi.org/10.1007/s10695-008-9258-6

Venou, B., Alexis, M. N., Fountoulaki, E., Nengas, I., Apostolopoulou, M., & Castritsi-Cathariou, I. (2003). Effect of extrusion of wheat and corn on gilthead sea bream (Sparus aurata) growth, nutrient utilization efficiency, rates of gastric evacuation and

digestive enzyme activities. Aquaculture, 225(1–4), 207–223. https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00290-4

Vielma, J., Ruohonen, K., & Lall, S. P. (1999). Supplemental citric acid and particle size of fish bone-meal influence the availability of minerals in rainbow trout Oncorhynchus mykiss (Walbaum). Aquaculture Nutrition, 5(1), 65–71. https://doi.org/10.1046/j.1365-2095.1999.00092.x

Wadhwa, M., & Bakshi, M. P. S. (2016). Application of Waste-Derived Proteins in the Animal Feed Industry. In Protein Byproducts: Transformation from Environmental Burden Into Value-Added Products. Elsevier Inc. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802391-4.00010-0

Wan, A. H. L., Davies, S. J., Soler-Vila, A., Fitzgerald, R., & Johnson, M. P. (2019). Macroalgae as a sustainable aquafeed ingredient. Reviews in Aquaculture, 11(3), 458–492. https://doi.org/10.1111/raq.12241

Wang, K., Wang, E., Qin, Z., Zhou, Z., Geng, Y., & Chen, D. (2016). Effects of dietary vitamin E deficiency on systematic pathological changes and oxidative stress in fish. Oncotarget, 7(51), 83869–83879. https://doi.org/10.18632/oncotarget.13729

Wang, X. F., Li, X. Q., Leng, X. J., Shan, L. L., Zhao, J. X., & Wang, Y. T. (2014). Effects of dietary cottonseed meal level on the growth, hematological indices, liver and gonad histology of juvenile common carp (Cyprinus carpio). Aquaculture, 428–429, 79–87. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.02.040

Watanabe, T., Takeuchi, T., Satoh, S., & Kiron, V. (1996). Digestible Crude Protein Contents in Various Feedstuffs Determined with Four Freshwater Fish Species. Fisheries Science, 62(2), 278–282. https://doi.org/10.2331/fishsci.62.278

Webster, C. D., Tidwell, J. H., & Yancey, D. H. (1991). Evaluation of distillers' grains with solubles as a protein source in diets for channel catfish. Aquaculture, 96(2), 179–190. https://doi.org/10.1016/0044-8486(91)90148-Z

Webster, C. D., Tidwell, J. H., Goodgame, L. S., & Johnsen, P. B. (1993a). Growth, body composition, and organoleptic evaluation of channel catfish fed diets containing different percentages of distillers grains with solubles. Progressive Fish-Culturist, 55(2), 95–100. https://doi.org/10.1577/1548-8640(1993)055<0095:GBCAOE>2.3.CO;2

Webster, C. D., Tidwell, J. H., Goodgame, L. S., Clark, J. A., & Yancey, D. H. (1993b). Winter feeding and growth of channel catfish fed diets containing varying percentages of distillers grains with solubles as a total replacement of fish meal. Journal of Applied Aquaculture, 1(4), 1–14. https://doi.org/10.1300/J028v01n04_01

Webster, C. D., Tidwell, J. H., Goodgame, L. S., Yancey, D. H., & Mackey, L. (1992a). Use of soybean meal and distillers grains with solubles as partial or total replacement of fish meal in diets for channel catfish, Ictalurus punctatus. Aquaculture, 106(3–4), 301–309. https://doi.org/10.1016/0044-8486(92)90262-J

Webster, C. D., Yancey, D. H., & Tidwell, J. H. (1992b). Effect of partially or totally replacing fish meal with soybean meal on growth of blue catfish (Ictalurus furcatus). Aquaculture, 103(2), 141–152. https://doi.org/10.1016/0044-8486(92)90408-D

Welker, T. L., Lim, C., Barrows, F. T., & Liu, K. (2014). Use of distiller' s dried grains with solubles (DDGS) in rainbow trout feeds. Animal Feed Science and Technology, 195, 47–57. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.05.011

Wilson, R. P., & Poe, W. E. (1985). Apparent digestible protein and energy coefficients of common feed ingredients for channel catfish. Progressive Fish-Culturist, 47(3), 154–158. https://doi.org/10.1577/1548-8640(1985)47<154:ADPAEC>2.0.CO;2

Windell, J. T., Foltz, J. W., & Sarokon, J. A. (1978). Methods of Fecal Collection and Nutrient Leaching in Digestibility Studies Nutrient Leaching in Digestibility Studies. The Progressive Fish-Culturist, 40(2), 51–55. https://doi.org/10.1577

Wolf, J. C., & Wheeler, J. R. (2018). A critical review of histopathological findings associated with endocrine and non-endocrine hepatic toxicity in fish models. Aquatic Toxicology, 197(October 2017), 60–78. https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2018.01.013

Woynárovich, A., Kovács, É., & Péteri, A. (2019). A takarmányozás gyakorlati szempontjai a tógazdasági haltermelésben. Agrárminisztérium, Halgazdálkodási Főosztály.

Woynárovich, E. (2005). Halastavak szerves trágyázása, a szén-trágyázási módszer. HALÁSZAT.

Wu, P., Feng, L., Kuang, S. Y., Liu, Y., Jiang, J., Hu, K., Jiang, W. D., Li, S. H., Tang, L., & Zhou, X. Q. (2011). Effect of dietary choline on growth, intestinal enzyme activities and relative expressions of target of rapamycin and eIF4E-binding protein2 gene in muscle, hepatopancreas and intestine of juvenile Jian carp (Cyprinus carpio var. Jian). Aquaculture, 317(1–4), 107–116. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.03.042

Wu, Y. V., Rosati, R. R., & Brown, P. B. (1996a). Effect of diets containing various levels of protein and ethanol coproducts from corn on growth of tilapia fry. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 44(6), 1491–1493. https://doi.org/10.1021/jf950733g

Wu, Y. V., Rosati, R. R., & Brown, P. B. (1997). Use of Corn-Derived Ethanol Coproducts and Synthetic Lysine and Tryptophan for Growth of Tilapia (Oreochromis niloticus) Fry. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 45, 2174–2177. https://doi.org/10.1021/jf960880u

Wu, Y. V., Rosati, R. R., Sessa, D. J., & Brown, P. B. (1995). Evaluation of Corn Gluten Meal as a Protein Source in Tilapia Diets. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 43(6), 1585–1588. https://doi.org/10.1021/jf00054a032

Wu, Y. V., Rosati, R., Sessa, D. J., & Brown, P. (1994). Utilization of Protein-Rich Ethanol Co-Products from Corn in Tilapia Feed I. JAOCS, 71(9), 1041–1042.

Wu, Y. V., Warner, K., Rosati, R., Sessa, D. J., & Brown, P. (1996b). Sensory evaluation and composition of tilapia (oreochromus niloticus) fed diets containing protein-rich ethanol by-products from corn. Journal of Aquatic Food Product Technology, 5(3), 7–16. https://doi.org/10.1300/J030v05n03_03

Yaakob, Z., Ali, E., Zainal, A., Mohamad, M., & Takriff, M. S. (2014). An overview: Biomolecules from microalgae for animal feed and aquaculture. Journal of Biological Research (Greece), 21(1), 1–10. https://doi.org/10.1186/2241-5793-21-6

Yamamoto, T., Shima, T., Furuita, H., Sugita, T., & Suzuki, N. (2007). Effects of feeding time, water temperature, feeding frequency and dietary composition on apparent nutrient digestibility in rainbow trout Oncorhynchus mykiss and common carp

Cyprinus carpio. Fisheries Science, 73(1), 161–170. https://doi.org/10.1111/j.1444-2906.2007.01314.x

Yamamoto, T., Sugita, T., & Furuita, H. (2005). Essential amino acid supplementation to fish meal-based diets with low protein to energy ratios improves the protein utilization in juvenile rainbow trout Oncorhynchus mykiss. Aquaculture, 246(1–4), 379–391. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.02.013

Yasuno, M., & Satake, K. (1990). Effects of Diflubenzuron and Methoprene on the emergence of insects and their density in an outdoor experimental system. Chemosphere, 21, 1321–1335.

Yildirim, M., Lim, C., Wan, P. J., & Klesius, P. H. (2003). Growth performance and immune response of channel catfish (Ictalurus puctatus) fed diets containing graded levels of gossypol-acetic acid. Aquaculture, 219(1–4), 751–768. https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00062-0

Yossa, R., Sarker, P. K., Mock, D. M., Lall, S. P., & Vandenberg, G. W. (2013). Current knowledge on biotin nutrition in fish and research perspectives. Reviews in Aquaculture, 5, 1–15. https://doi.org/10.1111/raq.12053

Yun, H., Park, G., Ok, I., Katya, K., Heung, S., & Bai, S. C. (2015). Evaluation of optimum dietary threonine requirement by plasma free threonine and ammonia concentrations in surgically modified rainbow trout, Oncorhynchus mykiss. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 28(4), 551–558. https://doi.org/10.5713/ajas.14.0495

Zaminhan, M., Michelato, M., Furuya, V. R. B., Boscolo, W. R., Araújo, F. E., Cruz, T. P., Urbich, A. V., & Furuya, W. M. (2018). Total and available tryptophan requirement of Nile tilapia, Oreochromis niloticus, fingerlings. Aquaculture Nutrition, 24(5), 1553–1562. https://doi.org/10.1111/anu.12792

Zehra, S., & Khan, M. A. (2014). Dietary phenylalanine requirement and tyrosine replacement value for phenylalanine for fingerling Catla catla (Hamilton). Aquaculture, 433, 256–265. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.06.023

Zhang, C., Rahimnejad, S., Wang, Y. ru, Lu, K., Song, K., Wang, L., & Mai, K. (2018). Substituting fish meal with soybean meal in diets for Japanese seabass (Lateolabrax japonicus): Effects on growth, digestive enzymes activity, gut histology, and expression of gut inflammatory and transporter genes. Aquaculture, 483, 173–182. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.10.029

Zhao, B., Feng, L., Liu, Y., Kuang, S. Y., Tang, L., Jiang, J., Hu, K., Jiang, W. D., Li, S. H., & Zhou, X. Q. (2012). Effects of dietary histidine levels on growth performance, body composition and intestinal enzymes activities of juvenile Jian carp (Cyprinus carpio var. Jian). Aquaculture Nutrition, 18(2), 220–232. https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2011.00898.x

Zhou, H., Chen, N., Qiu, X., Zhao, M., & Jin, L. (2012). Arginine requirement and effect of arginine intake on immunity in largemouth bass, Micropterus salmoides. Aquaculture Nutrition, 18(1), 107–116. https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2011.00886.x

Zhou, P., Zhang, W., Davis, D. A., & Lim, C. (2010). Growth Response and Feed Utilization of Juvenile Hybrid Catfish Fed Diets Containing Distiller's Dried Grains

with Solubles to Replace a Combination of Soybean Meal and Corn Meal. North American Journal of Aquaculture, 72(4), 298–303. https://doi.org/10.1577/a10-002.1

Zhou, Q. C., Wu, Z. H., Tan, B. P., Chi, S. Y., & Yang, Q. H. (2006). Optimal dietary methionine requirement for Juvenile Cobia (Rachycentron canadum). Aquaculture, 258(1–4), 551–557. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.03.035

Zhu, T., Morais, S., Luo, J., Jin, M., Lu, Y., Le, Y., & Zhou, Q. (2019). Functional palatability enhancer improved growth, intestinal morphology, and hepatopancreas protease activity, replacing squid paste in white shrimp, Litopenaeus vannamei, diets. *Journal of the World Aquaculture Society*, *50*(6), 1064–1077. https://doi.org/10.1111/jwas.12615

10.2 Alternatív alapanyagok beltartalmi értékei

	M.e.	ARRAINA, 2015 **Szójaliszt 48**	ARRAINA, 2015 **Borsó**	ARRAINA, 2015 **Borsófehérje koncentrátum**	Feedtables.com **Csillagfürt**	Feedtables.com **Lóbab**	Feedtables.com **CSM**
Víztartalom	%	7 - 9	8 - 12	4 - 6	11,9	14	9
Nyers fehérje	%	45 - 47	20.7	76 - 78	33,5	26,7	42,6
Zsír	%	2 - 4	1	1 - 2	8,5	1	2,5
Nyers rost	%	5 - 7	5.2	1 - 2	11,6	7,4	11,7
Keményítő	%	4 - 6	44.4	8 - 10	6,2	37,1	2,9
Hamu	%	6.24	3	4.5	3,5	3,5	6,6
Bruttó energia	MJ/kg	17.3	15.8	21.6	18,7	16,1	18,5
Esszenciális aminosavak							
Arginin	%	3,0	1,5	7,8	3,6	2,6	4,7
Hisztidin	%	1,0	0,4	2,6	0,7	0,6	1,2
Izoleucin	%	1,8	0,8	3,0	1,5	1,1	1,3
Leucin	%	3,0	1,3	6,9	2,4	2	2,4
Lizin	%	2,4	1,3	6,2	1,6	1,7	1,7
Treonin	%	1,6	0,7	3,3	1,2	0,9	1,3
Triptofán	%	0,5	0,2	0,5	0,2	0,2	0,5
Valin	%	1,9	0,9	4,3	1,4	1,2	1,9
Metionin	%	0,6	0,2	1,4	0,8	0,2	0,6
Cisztein	%	0,6	0,3	1,0	0,5	0,3	0,7
Fenillalanin	%	2,0	0,8	4,8	1,3	1,1	2,2
Tirozin	%	1,4	0,6	3,9	1,5	0,8	1,2
Nem Esszenciális aminosavak							
Alanin	%	1,8	0,8	3,7	1,1	1,1	1,8
Aszpargimsav	%	4,5	2,1	9,7	3,5	3,2	3,9
Glutaminsav	%	7,1	3,0	13,9	6,9	4,7	8
Glicin	%	1,7	0,8	3,3	1,3	1,1	1,7
Prolin	%	2,0	0,8	3,7	1,4	1,1	1,5
Szerin	%	2,0	0,8	4,6	1,7	1,3	1,8
Ásványi- és nyomelemek							
Kalcium	%	0,3	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2
Foszfor	%	0,6	0,4	0,8	0,3	0,4	1,1
Kálium	%	2,1	1,0	2,0	0,9	1	1,4
Magnézium	%	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,5
Réz	mg/kg	16,0	7	15,0	6	11	90
Vas	mg/kg	304,0	92,6	85,0	63	73	527
Mangán	mg/kg	40,0	9,0	25,0	1124	7	23
Szelén	mg/kg	0,3	-	0,1	0,07	0,02	0,4
Cink	mg/kg	47,5	32,0	59,0	33	31	48

	M.e.	ARRAINA, 2015 **Repceliszt**	Feedtables.com **PM**	ARRAINA, 2015 **SFM**	ARRAINA, 2015 **Kukorica-liszt**	Feedtables.com **CGF**	ARRAINA, 2015 **CGM**
Víztartalom	%	7 - 9	8	6 - 8	9 - 12	12	8 - 10
Nyers fehérje	%	34 - 36	44,6	26 - 29	8.1	18,9	60 - 62
Zsír	%	2 - 4	9,3	2 - 3	3.7	2,5	2 - 4
Nyers rost	%	10 - 13	6,6	24 - 26	2.2	7,9	1 - 2
Keményítő	%	1 - 2	8,1	1 - 2	63.3	18	13 - 16
Hamu	%	6.93	5,4	6.32	1.2	5,7	1.9
Bruttó energia	MJ/kg	17.2	20	17.3	16.1	16,4	20.8
Esszenciális aminosavak							
Arginin	%	1,8	5,1	2,1	0,3	0,9	1,6
Hisztidin	%	0,8	1	0,6	0,2	0,5	1,1
Izoleucin	%	1,2	1,4	1,1	0,2	0,6	2,2
Leucin	%	2,0	2,8	1,6	0,8	1,5	8,7
Lizin	%	1,7	1,5	0,9	0,2	0,6	0,9
Treonin	%	1,3	1,2	0,9	0,3	0,6	1,8
Triptofán	%	0,4	0,4	0,3	0,0	0,1	0,3
Valin	%	1,5	1,7	1,3	0,3	0,9	2,4
Metionin	%	0,6	0,4	0,6	0,1	0,3	1,3
Cisztein	%	0,7	0,5	0,4	0,2	0,3	1,0
Fenillalanin	%	1,2	2,2	1,1	0,3	0,7	3,3
Tirozin	%	0,9	1,6	0,6	0,3	0,5	2,6
Nem Esszenciális aminosavak							
Alanin	%	1,3	1,8	1,1	0,5	1,2	4,6
Aszpargimsav	%	2,1	5,2	2,3	0,5	1,1	3,2
Glutaminsav	%	5,0	8,6	4,9	1,3	2,6	10,9
Glicin	%	1,5	2,5	1,4	0,3	0,8	1,4
Prolin	%	1,8	1,7	1,1	0,6	1,2	4,7
Szerin	%	1,3	2,1	1,1	0,3	0,7	2,7
Ásványi- és nyomelemek							
Kalcium	%	0,8	0,1	0,4	0,0	0,1	0,0
Foszfor	%	1,1	0,6	1,03	0,3	0,8	0,4
Kálium	%	1,2	1,2	1,5	0,3	1,3	0,1
Magnézium	%	0,5	0,3	0,5	0,1	0,3	0,1
Réz	mg/kg	9,0	14	28,0	2	5	12
Vas	mg/kg	131,0	767	241,0	31,9	187	100,0
Mangán	mg/kg	58,0	41	34,0	4,0	19	8,0
Szelén	mg/kg	1,1	0,1	0,5	-	0,2	0,8
Cink	mg/kg	71,0	57	85,4	18,0	56	34,0

		ARRAINA, 2015	Feedtables.com	Feedtables.com	ARRAINA, 2015
	M.e.	**Búza**	**Tritikálé**	**Árpa**	**Rizskorpa**
Víztartalom	%	9 - 12	13	12,8	10 - 12
Nyers fehérje	%	11	10	9,9	15.1
Zsír	%	1.5	1,2	1,6	3.4
Nyers rost	%	2.3	2,5	4,7	9
Keményítő	%	69	58,8	52,3	20.2
Hamu	%	1.6	1,8	2,2	4.9
Bruttó energia	MJ/kg	15.8	15,7	16	16.4
Esszenciális aminosavak					
Arginin	%	0,4	0,5	0,5	0,9
Hisztidin	%	0,2	0,2	0,2	0,4
Izoleucin	%	0,3	0,4	0,3	0,4
Leucin	%	0,6	0,6	0,7	0,8
Lizin	%	0,3	0,4	0,3	0,5
Treonin	%	0,3	0,3	0,3	0,4
Triptofán	%	0,1	0,1	0,1	0,2
Valin	%	0,4	0,5	0,5	0,6
Metionin	%	0,2	0,2	0,2	0,2
Cisztein	%	0,2	0,2	0,2	0,3
Fenillalanin	%	0,4	0,4	0,5	0,5
Tirozin	%	0,3	0,3	0,3	0,4
Nem Esszenciális aminosavak					
Alanin	%	0,3	0,4	0,4	0,6
Aszpargimsav	%	0,5	0,6	0,6	0,9
Glutaminsav	%	2,7	2,4	2,2	2,5
Glicin	%	0,4	0,4	0,4	0,7
Prolin	%	0,9	0,8	1,0	0,8
Szerin	%	0,4	0,4	0,4	0,5
Ásványi- és nyomelemek					
Kalcium	%	0,1	0,06	0,07	0,1
Foszfor	%	0,3	0,3	0,3	1,0
Kálium	%	0,4	0,5	0,5	1,2
Magnézium	%	0,1	0,1	0,1	0,4
Réz	mg/kg	5	5	8	12
Vas	mg/kg	67,9	40,0	107,0	136,6
Mangán	mg/kg	35,0	20,0	16,0	98,0
Szelén	mg/kg	-	-	0,1	-
Cink	mg/kg	27,0	24,0	30,0	77,0

		ARRAINA, 2015	ARRAINA, 2015	ARRAINA, 2015	ARRAINA, 2015
	Egység	**Halliszt 60**	**Baromfi-liszt 65**	**Toll-liszt hidrolizátum**	**Vérliszt**
Víztartalom	%	6 - 9	6 - 8	6 - 8	3 - 5
Nyers fehérje	%	57 - 64	66	79 - 85	88 - 92
Zsír	%	7 - 9	10 - 14	10 - 12	1 - 2
Hamu	%	15 - 25	10 - 15	2 - 5	2
Bruttó energia	MJ/kg	18.8 - 19.3	21.8 - 22.5	21.0 - 21.6	22.0 - 22.8
Esszenciális aminosavak					
Arginin	%	3,7	3,4	4,9	3,5
Hisztidin	%	1,4	0,9	0,6	5,1
Izoleucin	%	2,5	2,0	3,6	0,9
Leucin	%	4,3	3,6	5,8	10,0
Lizin	%	4,5	2,3	1,5	7,2
Treonin	%	2,5	2,0	3,3	3,9
Triptofán	%	0,6	0,4	0,4	1,2
Valin	%	2,9	2,8	5,2	7,0
Metionin	%	1,6	0,7	0,5	1,0
Cisztein	%	0,5	1,3	3,1	0,9
Fenillalanin	%	2,3	2,0	3,4	5,7
Tirozin	%	1,9	1,3	1,8	2,5
Nem Esszenciális aminosavak					
Alanin	%	3,8	2,8	3,3	6,5
Aszpargimsav	%	5,5	3,5	4,9	8,9
Glutaminsav	%	7,6	5,6	7,7	7,9
Glicin	%	3,8	4,5	5,3	3,7
Prolin	%	2,5	4,1	6,8	3,3
Szerin	%	2,3	3,2	8,3	4,1
Ásványi- és nyomelemek					
Kalcium	%	5,5	0,3	1,4	0,1
Foszfor	%	4,1	1,9	1,2	0,2
Nátrium	%	1,1	0,6	0,1	0,4
Kálium	%	0,8	0,5	0,1	0,4
Magnézium	%	0,2	0,1	0,1	0,0
Réz	mg/kg	6,0	12	9	6
Vas	mg/kg	320,0	220	575	2050,0
Mangán	mg/kg	14,0	16	15	1,0
Szelén	mg/kg	1,2	-	0,8	-
Cink	mg/kg	100,0	60,0	130	23

10.3 A vérplazma biokémiai paraméterek a kezelések hatására (takarmányozási kísérlet ponty esetében)

		Kontroll	STD	**DDGS 20**	STD	**DDGS 40**	STD	**p-érték**
TC	mmol/l	4,23	0,71	4,30	0,32	4,00	0,40	0,572
TG	mmol/l	5,03	1,36	3,66	0,82	4,13	0,32	0,065
ALT	U/l	3,33	1,03	3,00	1,09	3,33	1,03	0,821
AST	U/l	136,33	49,58	137,66	47,92	180,00	155,17	0,687
AP	U/l	112,00	29,93	124,80	17,58	85,60	27,94	0,087
GGT	U/l	2,42	0,19	2,48	0,24	2,46	0,27	0,943
Amiláz	U/l	106,40	50,90	114,33	56,22	98,33	19,49	0,828
Lipáz	U/l	14,33	2,33	14,00	1,79	16,00	1,79	0,209

10.4 A vérplazma biokémiai paraméterek a kezelések hatására (takarmányozási kísérlet európai harcsa esetében)

	GLU	PHOS	Ca	TP	GLOB	ALT	AP	TC	TG	AMY
	mg/dl	**mg/dl**	**mg/dl**	**g/dl**	**g/dl**	**U/l**	**U/l**	**mg/dl**	**mg/dl**	**U/l**
DDGS 0	64,33 ± 0,45	7,06 ± 0,45	9,92 ± 0,31	2,71 ± 0,40	1,93 ± 0,19	14,00 ± 2,82	88,00 ± 7,21	136,6 ± 18,64	393,2 ± 45,02	18,20 ± 2,16
DDGS 10	62,00 ± 0,32	7,45 ± 0,32	9,90 ± 0,37	2,75 ± 0,20	1,86 ± 0,27	12,50 ± 3,14	88,16 ± 7,73	130,8 ± 11,26	310,2 ± 61,74	17,16 ± 3,18
DDGS 20	62,83 ± 0,76	7,34 ± 0,76	10,22 ± 0,39	2,93 ± 0,21	2,00 ± 0,14	14,50 ± 1,87	90,83 ± 11,85	140,6 ± 21,32	364,5 ± 116,7	19,00 ± 3,08
DDGS 30	60,33 ± 0,28	7,25 ± 0,28	9,81 ± 0,33	2,70 ± 0,17	1,76 ± 0,12	14,66 ± 2,87	90,33 ± 4,76	129,3 ± 10,28	270,8 ± 58,40	18,66 ± 2,06
p-érték	0,292	0,406	0,242	0,535	0,181	0,531	0,512	0,483	0,245	0,880

10.5 A vérplazma biokémiai paraméterek a kezelések hatására (tavi etetési kísérlet ponty esetében)

	CREA	**PHOS**	**Ca**	**TP**	**ALB**	**GLOB**
	mg/dl	mg/dl	mg/dl	g/dl	g/dl	g/dl
DDGS kétnyaras	0,24 ± 0,17	9,97 ± 2,27	9,62 ± 1,09	3,15 ± 0,43	1,22 ± 0,21	1,92 ± 0,23
Kontroll kétnyaras	0,19 ± 0,09	6,73 ± 1,50	9,43 ± 0,51	3,15 ± 0,31	1,30 ± 0,10	1,84 ± 0,28
DDGS háromnyaras	0,18 ± 0,09	8,66 ± 3,99	10,45 ± 2,50	3,11 ± 0,43	1,26 ± 0,27	1,83 ± 0,28
Kontroll háromnyaras	0,26 ± 0,11	6,16 ± 2,63	9,32 ± 1,13	3,00 ± 0,56	1,33 ± 0,22	1,66 ± 0,44
Takarmány	0,809	**0,006**	0,223	0,72	0,334	0,271
Életkor	0,834	0,341	0,506	0,531	0,635	0,246
Takarrmány * Életkor	0,146	0,707	0,387	0,728	0,981	0,696

	GLU	**AP**	**TBIL**	**TC**	**TG**	**AMY**
	mg/dl	U/L	mg/dl	mg/dl	mg/dl	U/L
DDGS kétnyaras	74,00 ± 26,07	95,42 ± 31,20	0,20 ± 0,09	150,57 ± 22,99	233,85 ± 29,79	207,57 ± 47,21
Kontroll kétnyaras	60,77 ± 12,48	102,11 ± 58,18	0,16 ± 0,05	154,22 ± 17,67	254,88 ± 81,65	192,88 ± 55,43
DDGS háromnyaras	77,12 ± 25,60	144,25 ± 95,43	0,16 ± 0,04	143,87 ± 31,11	229,50 ± 69,53	144,37 ± 34,67
Kontroll háromnyaras	66,37 ± 18,49	66,00 ± 24,35	0,16 ± 0,08	146,50 ± 17,15	292,75 ± 131,75	160,87 ± 45,88
Takarmány	0,118	0,104	0,368	0,701	0,185	0,957
Életkor	0,563	0,768	0,508	0,38	0,594	**0,008**
Takarrmány * Életkor	0,869	0,056	0,319	0,95	0,502	0,355

10.6 A tavi kísérlet gazdasági mutatóinak számolása

A teljes bevétel (TB) az alábbiak szerint let kiszámolva:

$$TB = P_{Cc2} \times W_{hCc2} + P_{Cc3} \times W_{hCc3} \quad (1)$$

ahol a W_{hCc2} és a W_{hCc3} a 2+ és a 3+ nyaras pontyok tömege (kg/ha) a lehalászáskor, valamint a P_{Cc2} és a P_{Cc3} reprezentálja az egyes korosztályok helyszíni árát. A gazdasági számolásokhoz a P_{Cc3} értéke 730 Ft/kg volt, ami a 2018-as helyszíni ára volt a 3+ nyaras pontyoknak Magyarországon (Kiss, 2019). A P_{Cc2} értéke 949 Ft/kg-ban határoztam meg, ami a piaci méretű hal értékének 130%-a.

A termelés számított költsége (C) a következőképpen let kiszámolva:

$$C = C_s + C_F + C_L \quad (2)$$

ahol a C_S a tenyészanyag költsége; a C_F a takarmány költséhe és a C_L a munkaerő költsége. Az egyes költség elemek a 3, 4a, 4b és 5a egyenletek szerint lettek kiszámolva.

$$C_S = Állomány_{Cc1} \times P_{Cc1} + Állomány_{Cc2} \times P_{Cc2} \quad (3)$$

ahol az $Állomány_{Cc1}$ és az $Állomány_{Cc2}$ (kg/) a kihelyezett 1+ és 2+ nyaras pontyok biomasszáját jelenti. A P_{Cc1} értékét 949 Ft/kg-ban határoztam meg, ami a piaci méretű hal értékének 130%-a.

a kontroll csoport esetében: $C_F = Búza \times P_b + CF \times P_{CF}$ (4a)
a kísérleti csoport esetében: $C_F = Búza \times P_b + DF \times P_{DF}$ (4b)

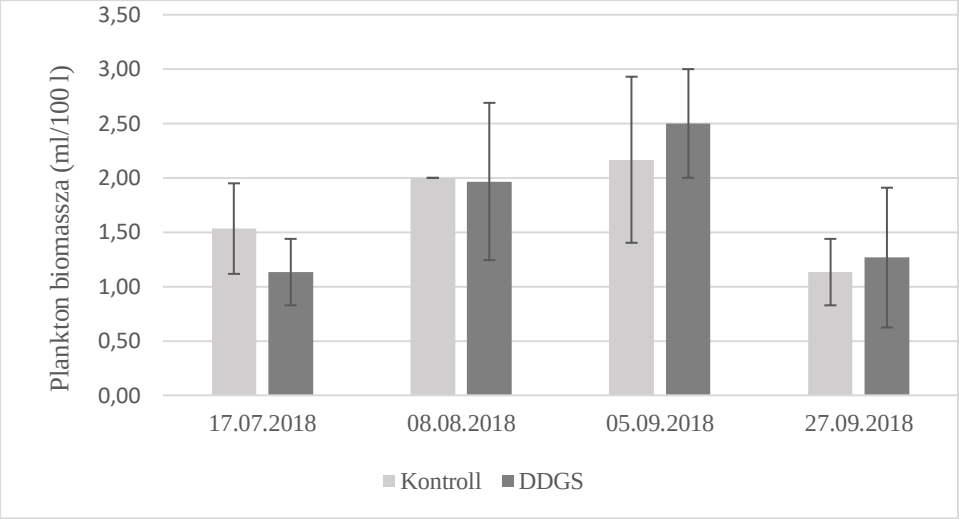
ahol a búza (kg/ha) a feletetett búza mennyisége, a P_b pedig a búza piaci értéke, ami 2018-ban 49 Ft/kg volt átlagosan (KSH, 2021). A *CF* (kg/ha) a feletetett kontroll összetett takarmány mennyisége a kísérlet alatt, a P_{CF} pedig ennek a kereskedelmi ára, azaz 195 Ft/kg. A *DF* (kg/ha) a feletetett DDGS alapú összetett takarmány a kísérlet alatt, míg a P_{DF} ennek a gyártó által kigondolt ára, nagy mennyiségű gyártási volumen mellett. Ez az érték a 2018-as alapanyag árak összege (120 Ft/kg), valamint ehhez adódik még 62 Ft/kg gyártási költség.

$$C_L = munkabér \times L \quad (5a)$$

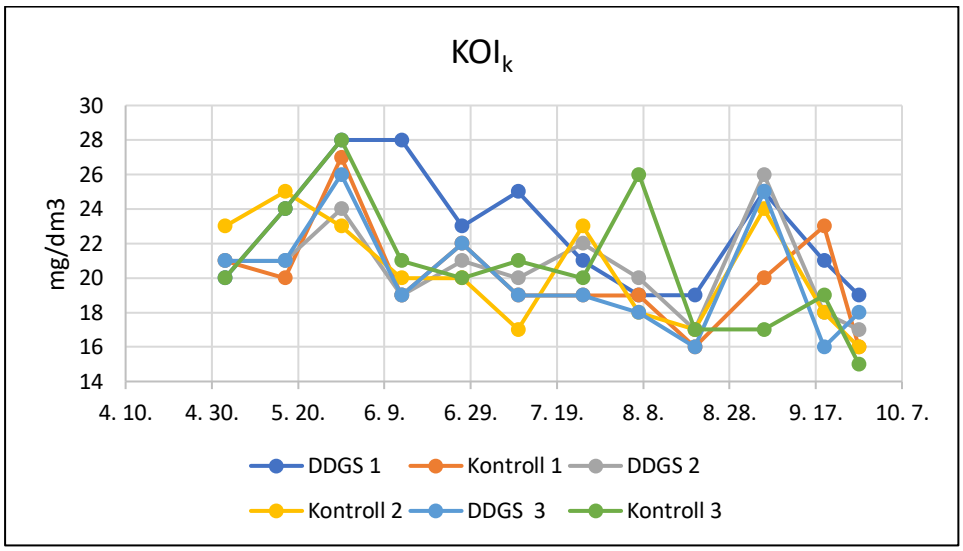
$$L = L_0 + L_\beta \times (W_{hCc2} + W_{hCc3}) \quad (5b)$$

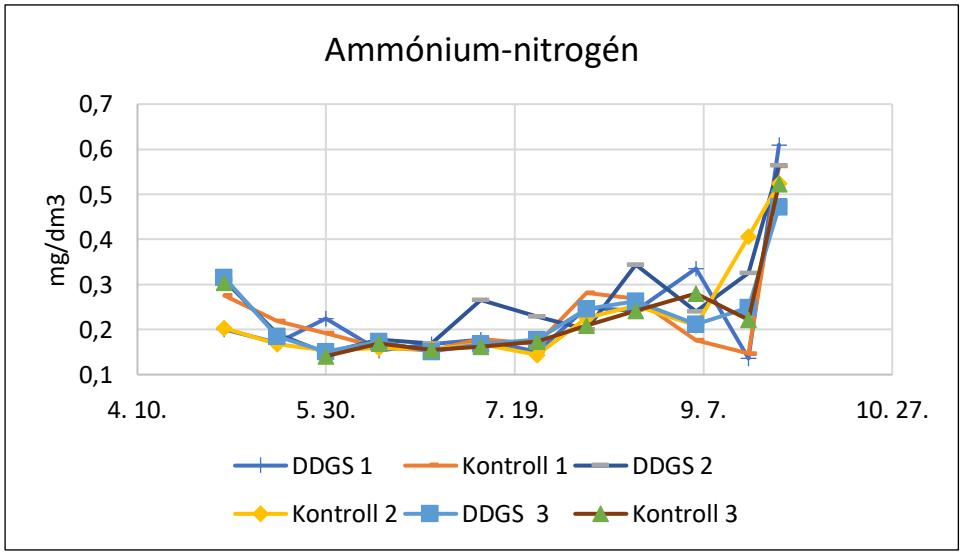
ahol a munkabér ($\frac{Ft/FTE}{év}$) az 1 teljes embernek megfelelő (FTE) költsége éves szinten. Ennek az összege az agrárium, erdészetés halászati szektorban, 2018-ban a KSH (2021) szerint 3.736.850 Ft/FTE.
Az *L* (FTE/ha) a szükséges munkaerőt jelenti, ami a halastavi munkálatok elvégzéséhez szükséges pontytenyésztés során (5b egyenlet). Ez a függvény reflektál arra, hogy a halastavak üzemeltetéséhez, függetlenül az alkalmazott technológia intenzitásától egy fix számú dolgozó szükséges, azonban intenzívebb technológia alkalmazásakor ezen felül külön számolandó a munkaerőigény a takarmány kijuttatásához, trágyázáshoz, lehalászáshoz, a vízminőség kezeléséhez. Ehhez egy korábbi felmérés alapján (Gyalog, 2019) az 5b egyenletben a következő értékek lettek használva: L_0 = 0,035 FTE/kg és L_β = 0,000024 FTE/kg.

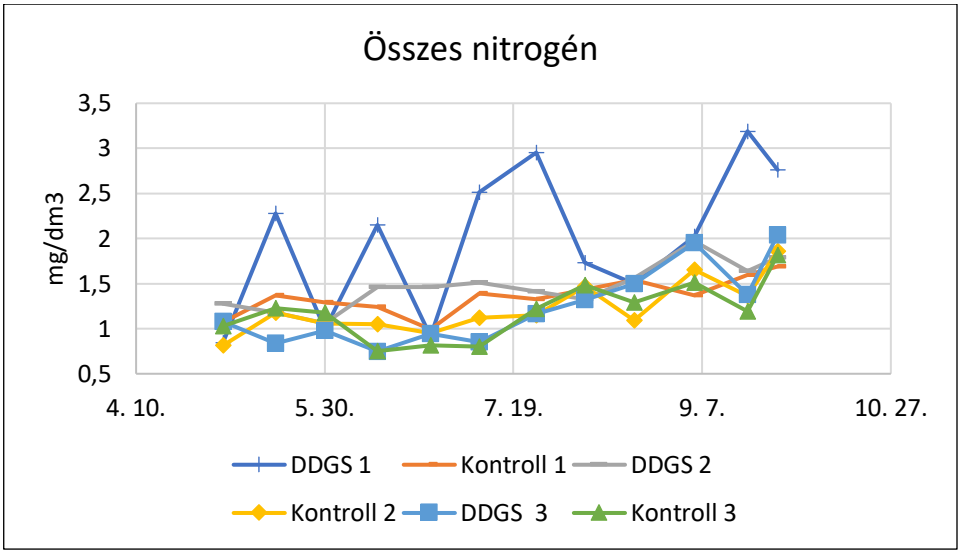
10.7 Planktonellátottság a tavi kísérlet során

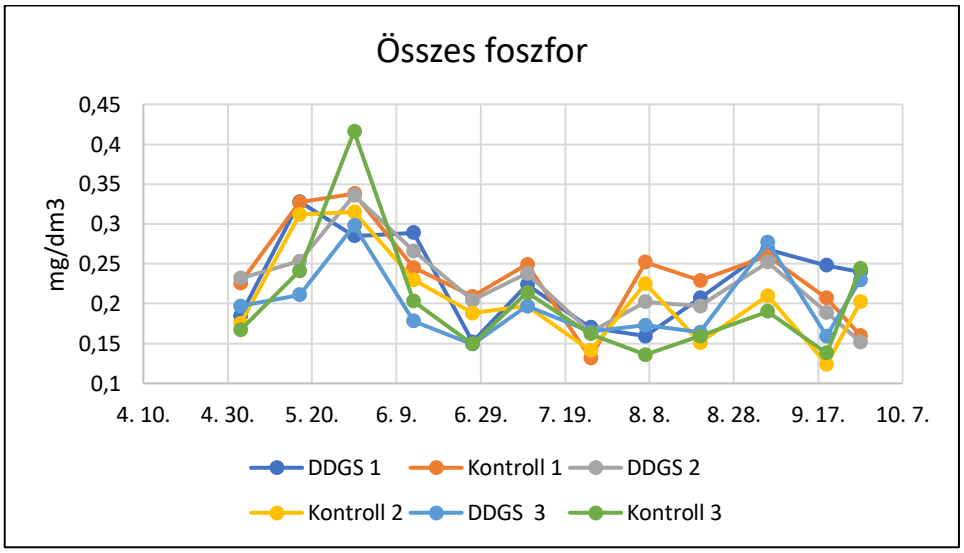


10.8 Vízminőségi mutatók a tavi kísérlet során






Összes nitrogén
mg/dm3
3,5
3
2,5
2
1,5
1
0,5
4. 10.
5. 30.
7. 19.
9. 7.
10. 27.
DDGS 1
Kontroll 1
DDGS 2
Kontroll 2
DDGS 3
Kontroll 3


Összes foszfor
mg/dm3
0,45
0,4
0,35
0,3
0,25
0,2
0,15
0,1
4. 10.
4. 30.
5. 20.
6. 9.
6. 29.
7. 19.
8. 8.
8. 28.
9. 17.
10. 7.
DDGS 1
Kontroll 1
DDGS 2
Kontroll 2
DDGS 3
Kontroll 3