



A DDGS ALKALMAZHATÓSÁGÁNAK VIZSGÁLATA A HAZAI AKVAKULTÚRÁBAN

Doktori (PhD) értekezés tézisei

DOI: 10.54598/001660

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

1. A KUTATÁS ELŐZMÉNYEI, CÉLKITŰZÉSEK

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 haliszokban és a halolajban található omega-3 - EPA (eikozapentaénsav) és DHA (dokozaheksaénsav) - 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 környezettudatos állattenyésztéshez.

1.1 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.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

Kutatómunkám kísérleteit (1. táblázat) a NAIK Halászati Kutatóintézet recirkulációs rendszerében és kísérleti halastavaiban végeztem el. A kísérleti halállományt Magyarország egyik legfontosabb halfaja, a ponty és egy igen ígéretes, őshonos halfaj az európai harcsa adta.

Első lépésként az új alapanyag és a takarmányok látszólagos emészthetőségi együtthatóját határoztam meg indikátor módszerrel, ittrium-oxidot keverve a takarmányokba, melyet a norvég NOFIMA (Norwegian Institute of Food, Fisheries and Aquaculture Research) és az Újvidéki Egyetem Élelmiszer-technológiai Intézet közreműködésével terveztünk és gyártottunk. Az etetési szakasz végén az ürüléket a halak túlaltatását követően préseléses módszerrel, valamint boncolás útján gyűjtöttem össze. A referencia- és tesztakarmányok, valamint a DDGS és az ürülék minták tápanyag- és itriumtartalmának meghatározásával kiszámoltam az egyes tápanyagokra vonatkozó látszólagos emészthetőségi együtthatókat.

A munkám második szakaszában zárt, kontrollált rendszerben végeztem hosszú távú (12 és 8 hét) etetési kísérleteket ponttyal és európai harcsával egyaránt. Ezen a kísérletek során emelkedő DDGS tartalmú összetett takarmányokat teszteltem. Ponty esetében szárazföldi növényekre és ipari melléktermékekre alapoztam a recepteket, melyet nagyméretű gyártóüzemben, a Nagyhegyesi Takarmány Zrt. segítségével gyártottunk. Az európai harcsa takarmányainak tervezésekor a szója és a búza részleges kiváltásának vizsgálata volt a cél, melyet az Újvidéki Egyetemen gyártottunk le. A kísérletek végeztével értékeltem a növekedési mutatókat, a takarmány- és fehérjehasznosulást, vizsgáltam a teljes test összetételének változásait, a vérplazma biokémiai paramétereit, a máj zsírsavösszetételét és szövettanát.

A munka folytatásaként az optimális DDGS tartalmú összetett takarmányt tavi körülmények között teszteltem. A tavi pontytermelés természetes táplálékbázisának hatékonyabb kihasználása céljából vegyes korosztályos népesítés használtam. A kísérletet a NAIK HAKI 6 db 1808 (± 53) m² területű és 1,5 m átlag mélységű földmedrű tavában végeztem. A takarmányozási technológiát a Ruttkay (2016) által leírt félintenzív pontytenyésztési alapelvei mentén végeztem. A szezon első felében a tápanyag ellátottságot a

magas természetes táplálékra alapoztam (Körmendi & Hancz, 2000), melyet Horváth et al. (2002) javaslatára búzával egészítettem ki. A tenyész-szezon második felében összetett takarmányokat teszteltem fél-intenzív takarmányozás mellett. Kontrollként kereskedelmi forgalomban lévő, a Haltáp Kft. által gyártott tilápia - ponty nevelő tápot ($d = 4,5 \text{ mm}$) használtam. A kísérleti takarmányban 40 %-ban DDGS használtam, ahol a kontroll tápban használt szójaliszt és egyéb növényi összetevőit váltottam ki DDGS-re, mialatt az állati eredetű összetevők aránya nem változott.



1. kép - DDGS - szárított kukoricatörköly



2. kép - A kísérletek helyszíne: NAIK Halászati Kutatóintézet (Szarvas)

1. táblázat A kísérletek összefoglaló táblázata

A kísérlet típusa	Vizsgált halfaj	A halak induló testtömege	Időtartam	A vizsgálat célja	Kezelések száma	Ismétlések száma	Vizsgált paraméterek
Emészthetőségi vizsgálat	ponty	40 ± 7 g	4 hét	- A takarmányok és a DDGS látszólagos emészthetőségi együtthatói - a vízhőmérséklet és a takarmányok emészthetősége közti kapcsolat vizsgálata.	4	3	DDGS, takarmány és ürülék tápanyagtartalma; növekedés; takarmányhasznosulás; teljes test beltartalom.
Emészthetőségi vizsgálat	európai harcsa	154,3 ± 2,7 g	2 hét	A takarmányok és a DDGS látszólagos emészthetőségi együtthatója	2	3	DDGS, takarmány és ürülék tápanyagtartalma
Zárt, kontrollált térben végzett takarmányozási kísérlet	ponty	63,1 ± 11,4 g	12 hét	szárazföldi növényekre és ipari melléktermékekre alapozott receptúrák tesztelése emelkedő DDGS tartalom (0 - 20 - 40 %) mellett	3 DDGS 0 DDGS 20 DDGS 40	3	Növekedés; takarmányhasznosulás; teljes test beltartalom; biokémiai vérparaméterek; máj zsírsav összetétel, szövettan, növekedési és immungének expressziója
Zárt, kontrollált térben végzett takarmányozási kísérlet	európai harcsa	272,7 ± 37,8 g	8 hét	a szója és a búza DDGS-el (0 - 10 - 20 - 30%) történő részleges kiváltásának vizsgálata	4 DDGS 0 DDGS 10 DDGS 20 DDGS 30	3	Növekedés; takarmányhasznosulás; teljes test beltartalom; biokémiai vérparaméterek; máj zsírsav összetétel; máj és bél minták szövettana
Félüzemi, tavi etetési kísérlet	ponty	1 nyaras (1050 db): 45 ± 1 g 2 nyaras (70 db): 362 ± 10 g	2018. május 2-től október 3-ig (154 nap)	40 % DDGS tartalmú összetett takarmány összehasonlítása kereskedelmi forgalomban kapható termékkel fél-intenzív, vegyes korosztállyal népesített tavi termelési körülmények között	2 Kontroll DDGS 40	3	Növekedés; takarmányhasznosulás; húsmínőség; biokémiai vérparaméterek; gazdasági paraméterek

3. EREDMÉNYEK

3.1 Emészthetőségi vizsgálat ponty esetében

A kezelések közül a 20 °C-os DDGS csoportnak a legjobbak a növekedési mutatói. 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 takarmányok között viszont nincs. 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 nem volt különbség.

Az ürülék beltartalmi mérési adatainak alapján kiszámoltam két különböző hőmérsékleten a takarmányok emészthetőségi együtthatóit (ADC) szárazanyagra, nyersfehérjére és foszforra. A szárazanyag emészthetőségi együttható 67-76 % között változott, és szignifikánsan különbözött az egyes takarmányok és vízhőmérsékletek között, kivéve a kontrollt. 20 °C-on az ADC értékek mindkét takarmány esetében magasabbak, mint 30 °C-on. Ugyanezen tendencia látható a fehérje és a foszfor esetében is.

A DDGS, mint takarmány-összetevő fehérje emészthetőségére mindkét hőmérsékleten 86 % körüli értéket határoztam meg. A szárazanyag, valamint foszfor látszólagos emészthetőségi együtthatójára, 45-50 %-ot illetve 81-83 % közötti értékeket határoztam meg.

3.2 Emészthetőségi 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. 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.

3.3 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. 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. 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.

A vizsgált vérplazma paraméterek 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 prekursorai, valamint az élőlény vitalitását és energia ellátottságát jelzik. Az alanin aminosztransferáz (ALT), aszpartát aminosztransferáz (AST) alkalikus foszfatáz (AP), gamma-glutamilsztransferáz (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 nekrozisát, beszűkült szinuszoidokat és hipertrófia jeleit észleltem a DDGS 40 csoport szövettani elemzése során.

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. Az egyszeresen telítetlen zsírsavak aránya a helyettesítés mértékével fordított irányban változott, hasonlóan, mint az összlipidek mennyisége. Ezen lipidek mennyisége összefügg a zsírdepók megjelenésével és az elzsírosodással. 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.

3.3 Takarmányozási kísérlet európai harcsa esetében

A 8 hetes etetési kísérlet végén a növekedés, a takarmányhasznosulás és a fehérjehasznosulás tekintetében a kísérleti csoportok között nem volt statisztikailag igazolható különbség. A takarmányhasznosítási együttható eredményei a kísérleti csoportok között 1,29 és 1,36 g/g közötti értéket 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.

A vérplazma biokémiai mutatói, úgymint a glükóz, az alkalin-foszfataz, 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.

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 nyerszsírtartalom pedig 11,5-12,1 % között változott a különböző kezelésekre hatására, amely statisztikailag igazolható különbséget nem jelentett. A teljes test nyerszsír- és nyersfehérje eredményei szintén nem mutattak különbséget a kísérletben résztvevő csoportok között.

A máj metszetek elemzése során vizsgáltam a szöveti struktúrát, a hepatociták alakját és konzisztenciáját, illetve a sejtmagok alakját és elhelyezkedését. 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.

A máj zsírsavösszetételének elemzése néhány zsírsav esetében szignifikáns különbséget mutatott a kísérleti csoportok között. A palmitinsav mennyisége, mely az összzsírsav 21%-át adta statisztikailag igazolhatóan különbözött a DDGS 20 és 30 -as csoport esetében a kontrollhoz 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 szárazanyag és a nyersfehérje ADC értékek között különbséget nem találtam. A nyerszsír ADC értékek kiemelkedően magasak (96-98%) mindegyik csoportnál, kivéve a DDGS 20-as csoportot, ahol kisebb 88%-os eredményt kaptam. A foszfor emészthetőségének mutatói statisztikailag igazolható különbséget mutattak a csoportok között, ahol a legkisebb értéket a kontroll, a legnagyobb értéket a DDGS 30 csoport esetében figyeltem meg.

3.4 Félüzemi, tavi etetési kísérlet ponttyal

A tógazdaságokban a pontytenyésztési szezon áprilisban kezdődik és októberben zárul. A szezon során a víz hőmérséklet függvényében a plankton biomassa nagysága sűrűn változik. Az összetett takarmányok etetése során a plankton biomassa 0,8-3 ml/100 liter között változott. 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. 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%, míg a kontroll takarmány esetén 31,6%. Az egy hektárra eső bruttó hozam a kísérleti csoportnál több mint fél tonnával magasabb, mint a kontroll, kereskedelmi takarmányt fogyasztó csoportnál.

A kísérlet végén a piaci méretű korosztály kihozatali mutatóit, fizikai tulajdonságait és kémiai összetételét vizsgáltam. A filé nyerszsír tartalma 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 képest. A

tenyészszezon végén nem volt kimutatható statisztikai különbség a filé kihozatal és a biometriai mutatók esetében sem.

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. Az EPA, DHA és ARA zsírsavak szintje a vizsgált mintákban igen alacsony szinten voltak, 0,19-0,65 mg/g tartományban. A csoportok között szignifikáns különbséget mutatott a linolsav tartalom, ahol a DDGS tartalmú takarmányt fogyasztó csoportnál volt a legnagyobb. Ugyanakkor az olajsav (18:1n-9) a kontroll csoportnál volt magasabb koncentrációban, de szignifikáns eltérést nem mutatott.

Az elemzett vérplazma biokémiai 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.

A gazdasági eredmények azt mutatják, hogy a számolt profit, ami a bevétel és a takarmány-, tenyészanyag- és munkaerő költség különbségeként definiálható, a kísérleti csoport esetében szignifikánsan eltér a kontroll csoporthoz képest. 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 biomassa miatt megnövekedett takarmányhasználattal megszűntek. A számított haszon-költség arány a kísérleti csoport esetében is lényegesen magasabb, mint a kontrollcsoport esetében. 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.

4. 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.

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A szárazanyag és fehérje látszólagos emészhetőségi együtthatók alapján megállapítottam, hogy a ponty a kukoricához hasonló kedvező mértékben képes emészteni a DDGS-t. A foszfor emészhetősége 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 szerves 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 víz hőmérséklet alkalmazásával jobb tápanyag emészthetőséget és magasabb növekedési teljesítményt figyeltem meg, mint 30 °C-os víz hőmérsékletnél. Végeredményben megállapítható, hogy a kukorica DDGS ígéretes lehet a ponty takarmányozásához.

Európai harcsa esetében megállapítottam, hogy a DDGS emészthetősége a nyersfehérje, nyerszsír esetében kisebb, a foszfor esetében magasabb, mint a pontynál meghatározott érték. Néhány esszenciális aminosav esetén a nyersfehérjénél 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 precízebb 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 takarmányhasznosítási 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.

6. A DISSZERTÁCIÓ ALAPJÁT KÉPEZŐ PUBLIKÁCIÓK JEGYZÉKE

Impaktfaktoros folyóiratban megjelent elsőszerzős publikációk:

Révész, N., Havasi, M., Lefler, K. K., Hegyi, Á., Ardó, L., & Sándor, Z. (2019). Protein replacement with dried distiller's grain with solubles (DDGS) in practical diet of common carp (*Cyprinus carpio*). *AACL Bioflux*, 12(4), 1174–1188.

Révész, N., Kumar, S., Bogevik, A. S., Fazekas, G., Jeney, Z., Hegyi, Á., & Sándor, Z. J. (2019). Effect of temperature on digestibility, growth performance and nutrient utilization of corn distiller's dried grains with soluble (DDGS) in Common carp juveniles. *Aquaculture Research*, October 2019, 828–835. <https://doi.org/10.1111/are.14432>

Impaktfaktoros folyóiratban megjelent nem elsőszerzős publikációk:

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/aac1>

Sándor, Z. J., **Révész, N.**, Lefler, K. K., Čolović, R., Banjac, V., & Kumar, S. (2021). Potential of corn distiller's dried grains with solubles (DDGS) in the diet of European catfish (*Silurus glanis*). *Aquaculture Reports*, 20(March). <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100653>

Sándor, Z. J., Révész, N., Varga, D., Tóth, F., Ardó, L., & Gyalog, G. (2021). Nutritional and economic benefits of using DDGS (distiller' dried grains soluble) as feed ingredient in common carp semi-intensive pond culture. *Aquaculture Reports*, 21(July), 100819. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100819>

Tóth, F., **Révész, N.**, Demény, F., Uhljar, A., Molnár, Z., Bíró, J., Gál, D., Kerepeczki, É., & Sándor, Z. J. (2021). Effects of diets containing dried distiller's grain with solubles (DDGS) on the water quality of the carp rearing ponds. *AACL Bioflux*, 14(2), 1057–1067. <http://www.bioflux.com.ro/aac1>

Impaktfaktor nélküli hazai és nemzetközi folyóiratban megjelent publikációk:

Jakabné Sándor Zsuzsanna, **Révész Norbert**, Havasi Máté, Andre S. Bogevik, Shivendra Kumar. (2020). Szárított kukoricatörköly (DDGS) hasznosítására a ponty intenzív takarmányozásában = Utilization of corn DDGS in intensive carp feeding. *ÁLLATTENYÉSZTÉS ÉS TAKARMÁNYOZÁS* 69 : 4 pp. 387-400. , 14 p.

Révész, N., & Biró, J. (2019). Recent trends in fish feed ingredients – mini review. *Acta Agraria Kaposváriensis*, 23(1), 18–33. <https://doi.org/10.31914/aak.2286>

Révész, N.; Bogárné, CS. K.; J, Sándor Zs. (2016). Az akvakultúrában használt takarmány alapanyagok bemutatása – technikai kiadvány ismertetése. *HALÁSZAT* 109 : 2 pp. 18-18., 1 p.

Révész, Norbert (2017). *Alternatív fehérjeforrások a haltakarmányozás során: A rovarliszt.* HALÁSZAT - TUDOMÁNY 3 : 2 pp. 13-18., 6 p.

Nemzetközi konferencián tartott előadás:

Norbert, Révész; Máté, Havasi; Katalin, Kinga Lefler; Árpád, Hegyi; Radmilo, Colovic; Vojislav, Banjac; László, Ardó; Zsuzsanna, J. Sándor (2018). *Utilization of corn DDGS, as an alternative feed ingredient for freshwater fish.* University of Novi Sad, Institute of Food Technology

Norbert, Révész; Flórián, Tóth; László, Berzi-Nagy; Ferenc, Demény; András, Rónyai; Dénes, Gál; Éva, Kerepeczki (2019). *Effects of sustainable fish feed on water quality in semi-intensive ponds* In: Jakab, Gusztáv; Csengeri, Erzsébet (szerk.) XXI. Századi vízgazdálkodás a tudományok metszéspontjában : II. Víz tudományi Nemzetközi Konferencia. Szarvas, Magyarország: Szent István Egyetem Agrár- és Gazdaságtudományi Kar (2019) 380 p. pp. 329-335., 7 p.

Zsuzsanna, Sándor J; **N. Révész;** Zs, Jeney; A, Bogevik; N, Shahi; Sh, Kumar (2016). *Utilization of an agricultural byproduct (corn DDGS) in common carp aquafeeds.* In: European, Aquaculture Society Aquaculture Europe 2016: Abstracts pp. 894-895.

Hazai konferencián tartott előadás:

Jakabné, Sándor Zsuzsanna; **Révész, Norbert;** Demény, Ferenc; Gál, Dénes; Gyalog, Gergő; Varga, Dániel; Kugyela, Nándor; Rónyai, András (2019). *Magas DDGS tartalmú összetett takarmány hasznosítása és gazdaságosságának értékelése különböző korosztályos pontyállomány félintenzív tavi nevelésben* In: XLIII. Halászati Tudományos Tanácskozás Gödöllő, Magyarország: Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ (NAIK) (2019) pp. 75-81. , 7 p.

Révész, Norbert; Havasi, Máté; Jakabné, Sándor Zsuzsanna (2017). *Alternatív haltakarmány alapanyagok és azok emészthetősége.* In: Szabó, A K; Erdeiné, Késmárki-Gally Szilvia (szerk.) NAIK Fiatal Kutatói Napok II. szakmai konferencia. Publikációk. Szeged, 2017.12.14-15. Gödöllő, Magyarország: Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ (NAIK) 109 p. pp. 92-101. Paper: ISBN 978-615-5748-09-7, 10 p.

Révész, Norbert; Havasi, Máté; Lefler, Kinga Katalin; Hegyi, Árpád; Radmilo, Colovic; Vojislav, Banjac; Ardó, László; Jakabné, Sándor Zsuzsanna (2018). *A DDGS alkalmazásának lehetőségei európai harcsa (Silurus glanis) keveréktakarmányokban.* In: XLII. Halászati Tudományos Tanácskozás 67 p. p. 22

Révész, Norbert; Havasi, Máté; Lefler, Kinga; Hegyi, Árpád; Ardó, László; J, Sándor Zsuzsanna (2017). *DDGS tartalmú haltakarmányok termelési mutatókra, valamint élettani paraméterekre gyakorolt hatásának vizsgálata ponty (Cyprinus carpio) növedék esetében.* Szarvas, Magyarország: Halászati Kutatóintézet (HAKI) , 17 p.

Révész, Norbert; Kumar, Shivendra; S Bogevik, André; Nikoletta, Bódai; Sándor Zsuzsanna, Jakabné (2016). *DDGS tartalmú haltakarmány alkalmazhatóságának vizsgálata ponty ivadékok recirkulációs rendszerben történő nevelése során*. In: Erdeiné, Késmárki-Gally Szilvia; Szabó, A K; Ölvedi-Vázsonyi, Melinda; Várallyay, Éva (szerk.) Kutatói utánpótlást elősegítő program I. szakmai konferenciája: Publikációk. Gödöllő, Magyarország: Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ (NAIK) 148 p.

Révész, Norbert; Shivendra, Kumar; André, S Bogevik; Neetu, Shahi; Fazekas, Gyöngyvér; Jeney, Zsigmond; Jakabné, Sándor Zsuzsanna (2016). A DDGS emészthetőségének vizsgálata ponty ivadékok két különböző hőmérsékleten történt takarmányozása során. Szarvas, Magyarország: Halászati Kutatóintézet (HAKI)

Nemzetközi konferencián bemutatott poszter:

Máté, Havasi; **Norbert, Révész**; Kinga, Katalin Lefler; Árpád, Hegyi; László, Ardó; Zsuzsanna, J Sándor (2017). EXPERIENCE OF FEEDING GRASS CARP (*Ctenopharyngodon idella*) WITH DDGS CONTAINING FEEDS IN RAS AND POND CAGES: GROWTH, NUTRIENT UTILIZATION, BLOOD PLASMA BIOCHEMISTRY AND HISTOPATHOLOGY. In: Aquaculture Europe 2017. pp. 494-495.

Norbert, Révész; Máté, Havasi; Kinga, Katalin Lefler; Árpád, Hegyi; László, Ardó; Zsuzsanna, J Sándor (2017). *EFFECTS OF CORN-DDGS ON GROWTH, NUTRIENT UTILIZATION, BLOOD PLASMA BIOCHEMISTRY AND HISTOPATHOLOGY OF COMMON CARP (*Cyprinus carpio*) AND GRASS CARP (*Ctenopharyngodon idella*)*. In: Aquaculture Europe 2017. pp. 968-969.

Norbert, Révész; Máté, Havasi; Kinga, Katalin Lefler; Árpád, Hegyi; Radmilo, Colovic; Vojislav, Banjac; László, Ardó; Zsuzsanna, Jakabné Sándor (2018). *POTENTIAL FOR USING CORN DDGS IN EUROPEAN CATFISH (*Silurus glanis*) DIETS*. 18th International Symposium on Fish Nutrition and Feeding, Las Palmas de Gran Canaria, Spain, 3-7 June 2018,

Révész, Norbert; Jakabné, Sándor Zsuzsanna (2018). *Fenntartható haltakarmány alapanyagok kutatása és azok hatásainak vizsgálata a vízminőségre*. In: Jakab, Gusztáv; Tóth, Attiláné; Csengeri, Erzsébet (szerk.) Alkalmazkodó Vízgazdálkodás: Lehetőségek és kockázatok. Víz tudományi Nemzetközi Konferencia. Szarvas, Magyarország : Szent István Egyetem Agrár- és Gazdaságtudományi Kar (2018) 326 p. pp. 135-139. , 5 p.

Vojislav, Banjac; Radmilo, Colovic; **Norbert, Révész**; Dusica, Colovic; Máté, Havasi; Zsuzsanna, Jakab Sándor; Olivera, Duragic (2018). *Twin screw extrusion of grass carp diets containing DDGS*. University of Novi Sad, Institute of Food Technology

Hazai konferencián bemutatott poszter:

Révész, Norbert; Jaroslav, Andreji; Anton, Kovácik (2018). *Amur (Ctenopharyngodon idella) életteni státuszának felmérése vérplazma biokémiai paraméterek alapján.* Szarvas, Magyarország: Halászati Kutatóintézet (HAKI)

Könyvrészlet:

Révész, Norbert; Nagyné, Biró Janka ; Jakabné, Sándor Zsuzsanna (2019). *DDGS (Dried Distiller's Grain with Solubles - kukoricatörköly) tartalmú takarmányok alkalmazhatóságának vizsgálata a hazai akvakultúrában* In: Gyuricza, Csaba; Borovics, Attila Lendületben az agrárinnováció. Gödöllő, Magyarország: Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ (NAIK) (2019) pp. 133-151. , 19 p.