

SZÁRÍTOTT KUKORICATÖRKÖLY (DDGS) HASZNOSÍTÁSA A PONTY INTENZÍV TAKARMÁNYOZÁSÁBAN

JAKABNÉ SÁNDOR ZSUZSANNA - RÉVÉSZ NORBERT - HAVASI MÁTÉ - ANDRE S.
BOGEVIK - SHIVENDRA KUMAR

ÖSSZEFOGLALÁS

A mezőgazdasági melléktermékek közül a bioetanol gyártás melléktermékét, a kukorica DDGS-t (Dried Distiller's Grain with Solubles) tesztelték a szerzők különböző kísérleti haltakarmányokban. A DDGS közepesen magas fehérje-, zsír-, jól emészthető rost- és hozzáférhetőfoszfor-tartalma lehetővé teszi magas tápértékű takarmány összeállítását. Az alapanyag emészthetőségének és hasznosításának megállapítására két kísérletet végeztek egynyaras pontyokkal. Először a DDGS táplálóanyagainak látszólagos emészthetőségét határozták meg, majd egy takarmányozási kísérletben vizsgálták a DDGS különböző arányú (0%, 20%, 40%) alkalmazásának hatását a növekedésre, takarmány- és fehérjehasznosulásra és az anyagcsere folyamatokra. A szárazanyag és a fehérje látszólagos emészthetősége alapján megállapították, hogy a ponty a kukoricához hasonló mértékben képes emészteni a DDGS-t. A foszfor emészthetősége jóval nagyobb volt más növényi alapanyagokhoz képest, köszönhetően az alacsony fitin-foszfor-tartalomnak. A hosszabb távú etetési kísérletben a nagy DDGS-tartalmú kísérleti táp a legtöbb paraméter esetében előnyösebbnek mutatkozott, mint a kontroll vagy a kisebb DDGS-tartalmú takarmány. Kísérleteik során nem figyeltek meg káros egészségügyi elváltozást a vizsgált halakon. Ennek eredményeként megállapították, hogy a DDGS akár 40%-ban is alkalmazható pontytápokban a hagyományos növényi összetevők helyett, és alkalmas fiatal ponty korosztályok intenzív nevelésére is.

SUMMARY

Sándor, J. Zs. - Révész, N. - Havasi, M. - Borgevik, A. S. - Kumar, Sh.: UTILIZATION OF CORN DDGS IN INTENSIVE CARP FEEDING

Among the agriculture industry by-products, the corn DDGS (Dried Distiller's Grain with Solubles), co-product of bioethanol production, has been tested as fish feed ingredient. Due to its nutrient composition, high crude protein, digestible fibre and bioavailable phosphorus content make this ingredient suitable for fish feed production. For the determination of digestibility and utilization capacity of DDGS by fish, two studies were set up for common carp juveniles. In the first step, a digestibility trial was conducted, what was followed by a nutritional trial to evaluate the effects of DDGS in different inclusion levels (0%, 20% and 40%). Growth parameters, nutrient and protein utilization, body composition, biochemical parameters were examined at the end of the trial. Based on the calculated apparent digestibility parameters, the carp could digest DDGS similarly with corn in respect of dry matter and protein; moreover, the digestibility of phosphorus is much higher compared to other plants, due to low phytate level. Common carp demonstrated significant advantages for groups fed with DDGS-containing feeds compared to the control in most of the measured parameters (weight gain, feed conversion ratio, protein efficiency ratio, protein productivity value). The examined fishes did not show differences in biometric indices and biochemical parameters related to metabolic injuries, irrespective of the dietary composition. The results showed that conventional plant protein sources could be substituted with DDGS (up to 40%) without negative consequences on the growth and health of common carp.



BEVEZETÉS ÉS IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A pontytenyésztés helyzete és aktuális takarmányozási kérdései

A világ akvakultúrából a pontytermelés a 2017-es adatok alapján 4,1 millió tonna körül volt, melynek kis hányada, 164755 tonna, származott Európából (FAO, 2019). Az európai termelés jellemzően kisvállalkozásokban működik, ahol a termelés tradicionálisan földmedrű, egy hektártól több tíz hektár méretű tavakban történik (Horváth és mtsai, 2002). A hagyományos alapokra épülő takarmányozás a tavi plankton hozam kihasználásán alapszik, amely trágyázással, valamint planktonszelekciós eljárásokkal növelhető (Ruttkay, 2016). A tavi kiegészítő takarmányozás több évtizede különböző gabonák (búza, kukorica, árpa, tritikálé) használatára épül, amelyek fedezik a ponty energiaszükségletét, és a hároméves termelési ciklusban piaci méretű (1,5-2 kg) halat eredményez (Woynárovich és mtsai, 2019). Az összetett, teljes értékű keveréktakarmányok használata a hazai pontytenyésztésben elég ritka, de a tőlünk délebbre fekvő országokban viszont annál inkább elterjedt (Rajíc és mtsai, 2016). Az állati eredetű melléktermékek haltakarmányokban történő felhasználásának újbóli engedélyezése az európai uniós országokban (56/2013 EU rendelet) megváltoztatta a pontytápokban használt alapanyagokat, vagyis a hallisztet felváltották a nem-kérődző állatok vágóhídi melléktermékei (baromfiliszt, toll liszt, vérliszt stb.). Ezek mellett a leggyakrabban használt növényi alkotók a búza, kukorica, szójatermékek, napraforgó, borsó, valamint egyes fehérje koncentrátumok (ARRA/INA, 2015).

A hazai haltakarmány ipar, annak ellenére, hogy már több évtizede kutatások és takarmányfejlesztések folynak szerte a világban, nem kellően felkészült a halliszt/halolaj források szűkülésének, vagy az import szója okozta hiány megfelelő kezelésére. Olcsó és ígéretes takarmány-alapanyag alternatívát jelenthetnek viszont a különböző mezőgazdasági- és élelmiszeripari melléktermékek. Vizsgálatsorozatunk célja hazai forrásból származó alapanyagok felhasználásával, a jelenlegi haltápoknál olcsóbban és fenntarthatóbb módon, előállítható takarmány kidolgozása volt a ponty intenzív tavi neveléséhez.

DDGS mint alternatív takarmány-alapanyag

A bioetanol gyártás egyik mellékterméke, a kukorica törköly (DDGS - Dried Distiller's Grain with Solubles), amely jól alkalmazható különböző haszonállatok takarmányozásában és használata előtérbe került a halak akvakultúrák termelésében is (Gatlin és mtsai, 2007). A DDGS-t kukoricából, búzából, cirokból vagy árpából állítják elő (Lim és Yildirim-Aksoy, 2008). Kukorica esetében főképp 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. Ekkor alakul át a keményítő cukorrá. Ezután élesztőt adnak a cukor fermentálásához, amelynek során etanol és a maradék száraz anyag keletkezik (USGC, 2018). A szárazanyag (szeszmoslék) a desztillációs lépés és szárítás után melléktermékként keletkezik, amely a takarmányipar számára alkalmas alapanyag, mert közepesen nagy nyersfehérje (30%), nyerszsír (10%), alacsony szénhidrát (<10%) és jól hasznosítható foszfor tartalommal (0,75%) rendelkezik (Belyea és

mtsai, 2004). A DDGS előnye a többi növényi alapú takarmány-alapanyaghoz képest, hogy nem tartalmaz antinutritív anyagokat, fitin-foszfor-tartalma alacsony és a technológiai eljárás során élesztővel (4-7%) dúsul, amelyről köztudott, hogy béta-glükán-tartalma (7,6%) miatt immunstimuláló hatással rendelkezik a halaknál (Makkar, 2012). Ugyanakkor alacsony arányban tartalmazza az esszenciális aminosavakat és a gabonáknál gyakran tekinthető mikotoxin, elsősorban aflatoxin, szennyezéssel is számolnunk kell. Az erjesztés során a kukoricában előforduló mikotoxinok nem bomlanak el, így a DDGS-ben is megtalálhatók, sőt a keményítő fermentáció hatására körülbelül háromszorosára nő mennyiségük (Pinotti és mtsai, 2016).

Az akvakultúra termelésben több halfajnál elérhető kísérleti eredmények a DDGS alkalmazásáról, amelyek segítséget nyújtanak a haltakarmány-gyártók számára megfelelő összetételű termékek előállításához. A növény- és mindenevő halfajok közül a leggyakrabban vizsgált faj a nílusi tilápia (*Oreochromis niloticus*), amely esetében megállapították, hogy a DDGS akár 60%-ban is használható szintetikus lizin- és triptofán-kiegészítéssel, vagy 30%-ban 8% hallisztartalom mellett (Li és mtsai, 2011a). A szivárványos pisztráng (*Oncorhynchus mykiss*) esetében 15%-ban lehet használni bármilyen kiegészítés nélkül a halliszt 50%-os helyettesítésére, de a 75%-os helyettesítéshez már szintetikus lizin és metionin szükséges 22,5%-os DDGS tartalom mellett (Cheng és Hardy, 2004b). A növényi fehérjeforrások teljes helyettesítésére inkább alkalmas lehet a DDGS, úgymint a napraforgó, repce, szója, kukorica és borsó. A pisztrángnál 50%-ban (Øverland és mtsai, 2013), a csatorna harcsánál (*Ictalurus punctatus*) 40%-ban (Li és mtsai, 2010, Li és mtsai, 2011b, Zhou és mtsai, 2010), az európai harcsánál (*Silurus glanis*) pedig teljes mértékben kiválthatók a növényi eredetű alkotók DDGS-el (Révész és mtsai, 2018).

Tovább növelhető a DDGS tápanyagainak hasznosítása enzimek takarmányadalekként történő hozzáadásával (Castillo és Gatlin, 2015; Hardy, 2000). Erre vonatkozóan már kísérleti adatok állnak rendelkezésre a nagy rombuszhal (*Scophthalmus maximus*) (Diógenes és mtsai, 2018), nílusi tilápia (Abo-State és mtsai, 2009; Tahoun és mtsai, 2009), hibrid csíkos sügér (*Morone chrysops* x *M. saxatilis*) (Trushenski és Gause, 2013), az aranydurbincs (*Sparus aurata*) (Diógenes és mtsai, 2019) és szivárványos pisztráng (Cheng és Hardy, 2004a) fajoknál 25-35% közötti helyettesítési értékekkel.

A DDGS haltakarmányokban történő felhasználását megalapozó kutatásainkban vizsgáltuk pontyban az alapanyag emészthetőségét. Ezt követően különböző arányban helyettesítettük a takarmány összetevőit DDGS-el, és teszteltük a kísérleti takarmányok alkalmasságát egy etetési kísérletben pontyivadékkal, zárt halnevelő rendszerben.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Emészthetőségi kísérlet

A kísérlethez egy kontroll, könnyen emészthető, nagy hallisztartalmú takarmányt készítettünk 45% nyersfehérje- és 5% nyerszsírtartalommal (1. táblázat), amelyet a kísérleti takarmány előállításához is felhasználtunk. A vizsgált alapanyagot a

Pannónia Bio Zrt. Dunaföldvári üzeméből kaptuk, melynek összetétele a gyártó által közzétett vizsgálati adatsorok alapján a következő értékek között változott: víztartalom 9,21-10,98%, nyersfehérje 28,9-30,16%, nyerszsír 8,81-12,12%, nyersrost 8,77-10,82%, nyershamu 4,54-4,68%, keményítő 5,75-6,02% (szárazanyag). Ittrium oxidot használtunk inert markerként 0,02%-ban. A kísérleti takarmányt 70%-ban a kontrolltápból és 30%-ban DDGS alapanyagból kevertünk össze, majd extrudáltuk. A tápok a NOFIMA (Norvégia) kísérleti takarmányüzemében gyártottuk. Az etetési kísérletet a NAIK Halászati Kutatóintézet recirkulációs rendszerében végeztük 2015-ben. Hat, egyenként 1000 literes kádba helyeztük a hasonló méretű, egészséges pontyivadékokat (átlagsúly $40,7 \pm 7$ g, $n=180$) és az egyes takarmányokat 4 héten keresztül etettük három párhuzamos kádban. A napi takarmányadagokat a thermal growth coefficient (TGC) segítségével számoltuk (Cho és mtsai, 1982). A kísérlet során 4,5 l/perc vízfolyást, 80% oxigén telítettséget és 20°C -ot biztosítottunk. Az ammónia-tartalom kisebb volt, mint 0,1 mg/l, a pH 8,6-8,8 között változott. A kísérlet végén hasi préseléssel gyűjtöttük a bélsarat több napon keresztül a bélszakasz alsó harmadából, majd a mintákat -80°C -on tároltuk. A DDGS alapanyag, a tápok és a bélsár táplálóanyag- és ittrium-tartalmának elemzésével meghatároztuk a tápok, valamint a DDGS alapanyag egyes táplálóanyagainak látszólagos emészthetőségét (Bureau és mtsai, 1999). A beltartalmi mérésekhez szabvány módszereket (AOAC, 1995) alkalmaztunk a NAIK-HAKI laboratóriumaiban, az ittrium mérés a NAIK ÖVKI Környezetanalitikai központjában történt ICP OES méréstechnikával. Az analitikai mérések kiterjedtek a víztartalom, nyersfehérje, nyerszsír, nyershamu és nyersrost vizsgálatokra. A N-mentes kivonható anyag (NFE) mennyiségét kiszámoltuk: $\text{NFE} = 100 - (\text{víz} + \text{nyersfehérje} + \text{nyerszsír} + \text{nyershamu} + \text{nyersrost})$. A tápok bruttó energia értéket az egyes táplálóanyagok energiaértékeinek összegzésével számoltuk (Halver, 1976), ahol 1 g fehérje = 23,6 KJ, 1 g szénhidrát = 17,5 KJ, 1 g zsír = 39 KJ értékkel bírtak. A tápok mikroösszetevőinek mennyiségét egy korábbi közleményünkben ismertettük (Révész és mtsai, 2020). A statisztikai elemzéshez Windows SSPS 22. szoftvert használtunk, az adatokat egytényezős ANOVA-val hasonlítottuk össze.

A látszólagos emészthetőségi paraméterek meghatározására alkalmazott képletek:

$$\text{ADC}_{\text{táp}} (\%) = 100 - (100 * \{Y_{\text{táp}} \% / Y_{\text{bélsár}} \% \} \times \{D_{\text{bélsár}} \% / D_{\text{táp}} \% \})$$

$$\text{ADC}_{\text{alapanyag}} = \text{ADC}_{\text{kísérleti táp}} + [(\text{ADC}_{\text{kísérleti táp}} - \text{ADC}_{\text{referencia táp}}) \times (0,7 \times D_{\text{referencia táp}} / 0,3 D_{\text{alapanyag}})]$$

ahol D táplálóanyag % a bélsárban (kísérleti és referencia csoport), a tápban (kísérleti és kontrollcsoport), az alapanyagban (DDGS) (sz. a), Y ittrium.



karmányozási kísérlet

Tizenkét hetes etetési kísérletet végeztünk kukorica DDGS tartalmú takarmány tesztelése céljából ponty (*Cyprinus carpio* L.) ivadékkal (kezdő súly $63,1 \pm 11,4$ g). A kísérletet zárt, kontrollált halnevelő rendszerben végeztük, ahol a telepítési

1. táblázat

A tápok összetétele és fontosabb beltartalmi értékei

| Összetevők (1) | Referencia táp (14) | DDGS táp (15) |
|-----------------------------------------|---------------------|---------------|
| Halliszt (2) | 41,38 | 28,97 |
| Kukorica DDGS (3) | - | 30,00 |
| Napraforgó liszt (4) | 40,00 | 28,00 |
| Búza (5) | 15,00 | 10,50 |
| Vitamin premix | 2,86 | 2,00 |
| Ásványianyag premix (6) | 0,74 | 0,52 |
| Ittrium oxid | 0,02 | 0,014 |
| Beltartalmi összetétel | | |
| Nyersfehérje (%) (7) | 44,32 | 39,87 |
| Nyerszsír (%) (8) | 3,46 | 5,37 |
| Nyersrost (%) (9) | 6,45 | 6,40 |
| Nyershamu (%) (10) | 6,13 | 8,24 |
| Foszfor (%) (11) | 1,68 | 1,69 |
| Emészthető energia (MJ/kg) becsült (12) | 12,58 | 11,65 |
| Bruttó energia (MJ/kg) számolt (13) | 17,71 | 18,13 |

Table 1. Ingredients and proximate composition of the feeds

ingredients (1); fish meal (2); corn DDGS (3); sunflower meal (4); winter wheat (5); mineral premix (6); crude protein (7); ether extract (8); crude fibre (9); ash (10); phosphorus (11); digestible energy, estimated (12); gross energy, calculated (13); reference diet (14); DDGS diet (15)

sűrűség 30 db/m³ volt. Az etetéshez három különböző DDGS-tartalmú (0%, 20%, 40%) tápot állítottunk össze. A kísérleti tápokot a Nagyhegyesi Takarmány Zrt. üzemében gyártottuk, helyi alapanyagokat használva (2. táblázat). A tápok szemcsemérete 4,5 mm volt és lassan süllyedő tulajdonsággal rendelkeztek. A tápok beltartalmi értékeit (2. táblázat) standard módszerekkel határoztuk meg az előbbiekből leírtak szerint. A kísérlet végén értékeltük a növekedési, takarmány- és fehérjehasznosítási paramétereket, a testösszetételt, a biokémiai és kórszövettani elváltozásokat. A biokémiai paramétereket a vérplazmából határoztuk meg, amelyhez takarmányozási csoportonként öt halból vettünk mintát a kísérlet végén. A testarány indexek (máj index, zsiger index), a testösszetétel és a máj zsírsavprofil vizsgálatához 6 hal/kezelés mintaszámmal dolgoztunk, ugyanakkor a testtömeg és a kondíciófaktor meghatározásához az egész kísérleti állományt felhasználtuk. A máj és fejvese mintákból a metabolikus folyamatokat és az immunrendszer működését leíró gének expresszióját vizsgáltuk szintén 6 minta/kezelés számban. A hisztológiai és a génexpressziós vizsgálatok módszertana és azok eredményei korábban megjelent cikkünkben találhatók (Révész és mtsai, 2019).

A vérplazma biokémiai paramétereinek meghatározását az Állatorvos-tudományi Egyetem laboratóriumában végezték Olympus AU400 teljesen automatizált fotometriás tesztek (összes koleszterin (Beckman-OSR6116); triglicerid (Beckman-OSR61118); alanin aminosztransferáz (Beckman OSR6107); aszpartát

2. táblázat

A tápok összetétele és fontosabb beltartalmi értékei

| Összetevők (%) | DDGS 0 | DDGS 20 | DDGS 40 |
|------------------------------------------|--------|---------|---------|
| Extrahált szójadara Pr.46% (1) | 50,4 | 28,4 | 30,1 |
| Baromfi liszt Pr.50% (2) | 26,5 | 33,3 | 23,3 |
| Kukorica (3) | 17,0 | 14,7 | 3,0 |
| DDGS | - | 20,0 | 40,0 |
| Kenderolaj (4) | 3,8 | 1,0 | - |
| Vitamin és ásványianyag premix | 2,0 | 2,0 | 2,0 |
| CaCO ₃ | - | - | 1,0 |
| L-Lizin | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| DL-Metionin | - | 0,2 | 0,2 |
| Kolinklorid | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| Beltartalmi összetétel | | | |
| Szárazanyag (%) (5) | 90,49 | 89,82 | 90,39 |
| Nyersfehérje (%) (6) | 36,92 | 34,49 | 32,78 |
| Nyerszsír (%) (7) | 5,66 | 4,20 | 4,10 |
| Nyersrost (%) (8) | 3,12 | 3,67 | 4,53 |
| Nyershamu (%) (9) | 11,26 | 10,72 | 9,20 |
| Emészthető energia (MJ/kg), becsült (10) | 12,91 | 11,97 | 11,24 |
| Bruttó energia (MJ/kg), számolt (11) | 17,63 | 17,05 | 17,02 |

Table 2. Ingredients and proximate composition of the feeds

extracted soybean meal (1); poultry meal (2); corn (3); hempseed oil (4); dry matter (5); crude protein (6); ether extract (7); crude fibre (8); ash (9); digestible energy, estimated (10); gross energy, calculated (11)

aminotranszferáz (OSR6109); alkalikus foszfatáz (Dialab D95560); gamma-glutamiltanszferáz (Dialab D95604); amiláz (Beckman OSR6182); lipáz (Diagon DCC230075)) ~~alkalmazva klinikai kémiai analizátor (Beckman Coulter, USA) segítségével.~~

A termelési és hasznosítási paraméterek kiszámítása a következő egyenletek segítségével történt:

Növekedés (WG) (%) = (záró testtömeg - induló testtömeg) × 100 / (induló testtömeg)

Takarmányhasznosítás (FCR) (g/g) = kijuttatott táp (g) / (záró biomassza tömeg (g) – kezdeti biomassza (g))

Specifikus növekedési ráta (SGR) (%/nap) = (Ln záró átlagos testtömeg - Ln induló átlag testtömeg) × 100 / napok száma

Fehérje hasznosítási ráta (PER) (g/g) = biomassza növekedés (g)/kijuttatott összes fehérje mennyisége (g)

Fehérje produktivitási érték (PPV) (%) = 100 × [záró biomassza (g) × záró

teljestest fehérje $\times 0,01$ (g/100g) – kezdeti biomassa (g) \times kezdeti teljes test fehérje (g/100 g) $\times 0,01$ / kijuttatott táp (g) \times táp fehérje tartalma (g/100 g) $\times 0,01$

Kondíciófaktor (CF) = testtömeg (g) $\times 100$ / teljes testhossz³

Zsiger index (VSI) (%) = zsiger tömege (g) / testtömeg (g) $\times 100$

Máj index (HIS) (%) = máj tömege (g) / testtömeg (g) $\times 100$

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

Emészthetőségi kísérlet

A látszólagos emészthetőség értékeit az egyes táplálóanyagokra vonatkozóan a 3. táblázat tartalmazza. A kontrolltáp szárazanyag és nyersfehérjetartalmának látszólagos emészthetősége nagyobb volt, mint a DDGS tartalmú tápot fogyasztó csoport értékei. A foszfor látszólagos emészthetősége ugyanakkor a DDGS táp esetében szignifikánsan nagyobb volt. Ez köszönhető a kukorica fermentálása során bekövetkező hidrolízisnek, mivel így elérhetővé válik a fitáthoz kötött foszfor. Kisebb emészthetőségi értékeket határoztak meg a szivárványos pisztráng (*Cheng és Hardy, 2004b*) esetében is nyersfehérjére (88-90%) és szárazanyagra (47-59%), úgyszintén a hibrid csíkos sügérnél is (*Morone chrysops* \times *M. saxatilis*) (*Thompson és mtsai, 2008*). Ennek alapján feltételezhető, hogy a DDGS látszólagos emészthetősége elsősorban a nem-fehérje energia frakció emészthetőségétől függ, mely az alacsonyabb trofitási szintű halfaj esetében nagyobb. A DDGS mint takarmány-alapanyag látszólagos emészthetőségi értékei alapján elmondható, hogy a DDGS jól emészthető a pontyivadékok számára, ugyanis a nyersfehérje látszólagos emészthetősége 86,1%, a szárazanyagé pedig 47,0%. A ponty esetében meghatározott egyéb növények emészthetőségi adataival összehasonlítva a DDGS-nél mért érték közel van a kukoricáéhoz (*Degani és Yehida, 1997*), mely a nyersfehérje esetében 81%, de alacsonyabb, mint a búzáé (91,9%).

A DDGS foszfor emészthetősége ugyanakkor kedvező a ponty számára, a látszólagos emészthetősége 82,9% volt (3. táblázat). Egyes növényekben nagy fitin-foszfor-tartalmat találunk, amely akár 80%-ban emészthetetlen foszfornak számítanak a monogasztrikus állatok és az agasztrikus halfajok esetében (*Kumar*

3. táblázat

Látszólagos emészthetőség (%)

| | Referencia táp (4) | DDGS táp (5) | p-érték |
|------------------|--------------------|-----------------|---------|
| Szárazanyag (1) | 76,2 \pm 0,1* | 68,4 \pm 0,8 | p<0,05 |
| Nyersfehérje (2) | 94,4 \pm 0,2* | 92,6 \pm 0,2 | p<0,05 |
| Foszfor (3) | 51,6 \pm 2,6 | 57,0 \pm 0,3* | p<0,05 |
| | DDGS alapanyag (6) | | |
| Szárazanyag (1) | 47,0 \pm 2,8 | | |
| Nyersfehérje (2) | 86,1 \pm 0,7 | | |
| Foszfor (3) | 82,9 \pm 1,9 | | |

Table 3. Apparent digestibility of nutrients for test diet and test ingredient

dry matter (1); crude protein (2); phosphorus (3); reference diet (4); DDGS diet (5); DDGS ingredient (6)

és mtsai, 2012). A halliszt növényi alkotókkal történő helyettesítése a haltakarmányokban újabb problémát generált az elmúlt évtizedben. A vizek eutrofizációját idézte elő a foszforhiányos takarmánykomponensek valamilyen módon történő kiegészítése (pl. szervetlen foszfor vegyületekkel - MCP, DCP), illetve a felesleges és emészthetetlen foszfor etetése (Hung és mtsai, 2015). A DDGS foszfortartalmának emészthetősége ugyanakkor felülmúlja egyes hallisztekét (Bowzer és mtsai, 2015), így ennek alkalmazása új lehetőségeket nyit a haltakarmány gyártásban.

Takarmányozási kísérlet

Az etetési kísérlet végén szignifikáns különbséget találtunk mindegyik vizsgált növekedési és takarmányhasznosítási paraméter esetében a DDGS 0 és a DDGS 20, valamint a DDGS 0 és DDGS 40 csoportok között (4. táblázat). A két eltérő DDGS-tartalmú takarmányt fogyasztó csoport között viszont nem volt statisztikailag igazolható különbség a legtöbb paraméter esetében, kivéve a fehérjehasznosítási arányt. Ugyanakkor a tápanyag hasznosítás szempontjából kedvezőbb értéket mindegyik paraméter esetében a DDGS 40 csoportban találtunk.

4. táblázat

Termelési és hasznosítási paraméterek, testarány indexek

| | DDGS 0 | DDGS 20 | DDGS 40 | p-érték |
|--------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------|
| Induló testtömeg (g) (1) | 64,5 ± 1,5 | 60,8 ± 4,0 | 63,8 ± 2,5 | 0,477 |
| Záró testtömeg (g) (2) | 186,2 ± 4,0 ^a | 202,1 ± 12,9 ^b | 215,1 ± 1,6 ^b | 0,012 |
| Növekedés (%) (3) | 188,9 ± 10,5 ^a | 232,4 ± 17,0 ^b | 237,2 ± 13,4 ^b | 0,016 |
| Takarmányhasznosítás (g/g) (4) | 2,08 ± 0,05 ^a | 1,82 ± 0,01 ^b | 1,81 ± 0,07 ^b | 0,001 |
| Specifikus növekedési ráta (%/nap) (5) | 1,31 ± 0,04 ^a | 1,46 ± 0,06 ^b | 1,48 ± 0,05 ^b | 0,014 |
| Fehérjehasznosítási arány (g/g) (6) | 1,30 ± 0,04 ^a | 1,59 ± 0,01 ^b | 1,68 ± 0,07 ^c | < 0,001 |
| Fehérjeproduktívítási érték (%) (7) | 18,80 ± 0,55 ^a | 23,10 ± 0,24 ^b | 23,98 ± 0,96 ^b | < 0,001 |
| Condíciós faktor (g cm ⁻³) (8) | 1,60 ± 0,31 | 1,54 ± 0,12 | 1,49 ± 0,16 | 0,51 |
| Zsiger index (%) (9) | 11,40 ± 2,03 | 12,20 ± 2,04 | 11,10 ± 1,52 | 0,63 |
| Máj index (%) (10) | 2,25 ± 0,34 | 2,53 ± 0,12 | 2,46 ± 0,20 | 0,15 |

a,b,c különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek (11)

Table 4. Production, feed utilization parameters and biometric indices

initial body weight (1); final body weight (2); weight gain (3); feed conversion ratio (4); specific growth rate (5); protein efficiency ratio (6); protein production value (7); condition factor (8); viscerosomatic index (9); hepatosomatic index (10); different letters in the same row indicate significant differences between the values (11)

A zárt rendszerben etetett ponty testösszetételének változásait az 5. táblázat mutatja. A DDGS 20 és DDGS 40 csoportokban a haltest összes fehérjetartalma szignifikánsan ($p < 0,05$) nagyobb volt, mint a kontrollé (DDGS 0). A test zsírtartalma ellentétes irányban változott, a növekvő arányú DDGS-kiegészítéssel párhuzamosan csökkent a mennyisége, vagyis a DDGS kedvező hatással volt a testzsír mennyiségére. Ezzel ellentétes hatást tapasztalt viszont *Khalil és El-sharkawy* (2013) nilusi tilápiánál. A májban az egyes zsírsavak aránya tükrözte a takarmányok eltérő zsírsavprofilját (5. táblázat). Jól látható, hogy a kukorica csíraolajának nagy linolsavtartalma következtében a májban megnőtt a linolsav aránya. Úgy tűnik, hogy ennek következménye a tendenciaszerűen nagyobb arachidonsav szint is a hepatopankreasban. Bizonyított, hogy egyes édesvízi halfajok, köztük a ponty is,

5. táblázat

Teljes testösszetétel és a máj zsírsav-összetétele

| Testösszetétel (1) % szárazanyag (2) | DDGS 0 | DDGS 20 | DDGS 40 | p-érték |
|-----------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------|
| Fehérje (3) | 52,37 \pm 1,04 ^a | 55,84 \pm 1,38 ^b | 56,28 \pm 1,96 ^b | 0,044 |
| Zsír (4) | 38,52 \pm 0,94 ^a | 34,79 \pm 1,10 ^b | 34,12 \pm 2,08 ^b | 0,024 |
| Hamu (5) | 6,29 \pm 0,42 ^a | 6,83 \pm 0,23 ^b | 7,74 \pm 0,45 ^{cb} | 0,009 |
| Zsírsavak % (6) | | | | |
| 16:1n-7 | 4,10 \pm 0,37 ^b | 3,77 \pm 0,72 ^{ab} | 3,13 \pm 0,43 ^a | 0,019 |
| 18:1n-9 | 41,16 \pm 1,73 ^c | 37,18 \pm 2,70 ^b | 32,67 \pm 1,32 ^a | < 0,001 |
| 18:1n-7 | 2,76 \pm 0,12 ^b | 2,58 \pm 0,23 ^b | 2,22 \pm 0,09 ^a | < 0,001 |
| 18:2n-6 | 10,75 \pm 0,81 ^b | 13,45 \pm 2,61 ^b | 16,61 \pm 2,02 ^a | < 0,001 |
| 18:3n-3 | 0,61 \pm 0,06 | 0,56 \pm 0,12 | 0,60 \pm 0,06 | 0,452 |
| 20:4n-6 | 4,50 \pm 0,68 | 4,43 \pm 1,86 | 6,21 \pm 1,44 | 0,077 |
| Összlipid mg/g (7) | 96,13 \pm 18,97 ^b | 86,88 \pm 28,21 ^b | 65,19 \pm 13,62 ^a | 0,076 |
| Total SFA (8) | 24,34 \pm 0,59 ^b | 25,72 \pm 0,61 ^b | 24,49 \pm 0,82 ^a | 0,006 |
| Total MUFA (9) | 51,66 \pm 1,72 ^c | 47,04 \pm 3,41 ^b | 41,24 \pm 1,52 ^a | < 0,001 |
| Total PUFA (10) | 21,39 \pm 1,35 ^b | 24,62 \pm 3,28 ^b | 31,88 \pm 2,02 ^a | < 0,001 |
| Total n-3/Total n-6 | 0,12 \pm 0,01 ^b | 0,09 \pm 0,02 ^a | 0,09 \pm 0,01 ^a | 0,002 |

a,b,c különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek (11)

telített zsírsavak (8); egyszerűen telítetlen zsírsavak (9); többszörösen telítetlen zsírsavak (10)

Total SFA: 8:0+10:0+11:0+12:0+13:0+14:0+15:0+16:0+17:0+18:0+19:0+20:0+21:0+22:0

Total MUFA: 14:1n-5+15:1+16:1n-9+16:1n-7+16:1n-5+17:1n-8+18:1n-9+18:1n-7+18:1n-5+19:1n-10+20:1n-11+20:1n-9+20:1n-7+22:1n-11+22:1n-9+22:1n-7+24:1n-11+24:1n-9+24:1n-7

Total n-3: 18:3n-3+18:4n-3+20:3n-3+20:4n-3+20:5n-3+22:3n-3+22:4n-3+22:5n-3+22:6n-3+24:5n-3+24:6n-3)

Total n-6: 18:2n-6+18:3n-6+20:2n-6+20:3n-6+20:4n-6+22:2n-6+22:4n-6+22:5n-6

Table 5. Body composition of the whole fish and fatty acid composition of the hepatopancreas of common carp

body composition (1); dry matter (2); protein (3); fat (4); ash (5); fatty acids (6); total lipid (7); saturated fatty acids (8); monounsaturated fatty acids (9); polyunsaturated fatty acids (10); different letters in the same row indicate significant differences between the values (11)

6. táblázat

A vérplazmából meghatározott biokémiai paraméterek értékei

| | DDGS 0 | | | DDGS 20 | | | DDGS 40 | | | p-érték |
|-------------------------------------|--------|---|------|---------|---|------|---------|---|-------|---------|
| Összes koleszterin (1) mmol/l | 4,23 | ± | 0,71 | 4,30 | ± | 0,32 | 4,00 | ± | 0,40 | 0,572 |
| Triglicerid (2) mmol/l | 5,03 | ± | 1,36 | 3,66 | ± | 0,82 | 4,13 | ± | 0,32 | 0,065 |
| Alanin aminosztransferáz (3) U/l | 3,33 | ± | 1,03 | 3,00 | ± | 1,09 | 3,33 | ± | 1,03 | 0,821 |
| Aszpartát aminosztransferáz (4) U/l | 136,3 | ± | 49,6 | 137,7 | ± | 47,9 | 180,0 | ± | 155,2 | 0,687 |
| Alkalikus foszfatáz (5) U/l | 112,0 | ± | 29,9 | 124,8 | ± | 17,6 | 85,6 | ± | 27,9 | 0,087 |
| Gamma-glutamil transferáz (6) U/l | 2,42 | ± | 0,19 | 2,48 | ± | 0,24 | 2,46 | ± | 0,27 | 0,943 |
| Amiláz (7) U/l | 106,4 | ± | 50,9 | 114,3 | ± | 56,2 | 98,3 | ± | 19,5 | 0,828 |
| Lipáz (8) U/l | 14,33 | ± | 2,33 | 14,00 | ± | 1,79 | 16,00 | ± | 1,79 | 0,209 |

Table 6. Serum biochemical parameters at the end of the experiment

total cholesterol (1); triglyceride (2); alanine aminotransferase (3); aspartate aminotransferase (4); alkaline phosphatase (5); gamma-glutamyltransferase (6); amylase (7); lipase (8)

részlegesen képesek a hosszú szénláncú, többszörösen telítetlen zsírsavak szintézisére, amelynek eredményeként a prekursor zsírsavakból (linol- és linolénsav) az elongáció és deszaturáció útján arachidonsavat, eikozapentaénsavat vagy dokozahexaénsavat állítanak elő (Tocher és Glencross, 2015). Az egyszerűen 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 kontrollcsoportban volt a legkisebb, de az egyes csoportok között nem volt szignifikáns mértékű különbség, vagyis valószínűleg a testsúllyal korrelál a máj- és zsigerindex, és nem a zsírtartalommal. Az összes többszörösen telítetlen zsírsav (PUFA) arány szintén a DDGS-kiegészítéssel hozható összefüggésbe.

A szérumbiokémiai paraméterei a halak közötti nagy egyedi eltérések miatt nem mutattak statisztikailag igazolható különbséget az egyes kísérleti csoportok között (6. táblázat). Az összes koleszterin (TC) és a triglicerid (TG) koncentrációja látszólag a testzsír csökkenésével tendenciaszerű korrelációt mutat. Az említett paraméterek szorosan összefüggnek a zsírsav anyagcserével és a takarmány minőségével, lévén sejtmembrán alkotók és a szteroid hormonok prekursorai, valamint az élőlény vitalitását és energia-ellátottságát jelzik (Groff és Zinkli, 1999). Az ALT, AST, AP, 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 tilapia esetében (Chen és mtsai, 2003). Mivel ezek a paraméterek számos fiziológiai és környezeti tényezőtől (Bowser, 1993) függenek és az élettani normálérték tartomány sem áll rendelkezésre minden paraméter vonatkozásában, ezért nehéz az adatok összehasonlítása és értékelése. Wang és mtsai (2014) kisebb ALT értéket, és nagyobb AST és AP értéket mért pontyban, amikor a szója helyettesítésére gyapotmag lisztet használtak. Glencross és mtsai (2011) ázsiai tengeri sügérben (*Lates Calcarifer*) hallisztet

tartalmazó táp etetésekor hasonlóan alacsony ALT értéket mértek, de nagy ALP aktivitás mellett. Jelen munkánkban az alacsony ALT és azonos ALP szintből arra következtettünk, hogy a DDGS nem okozott májkárosodást a ponty ivadékoknál.

KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A meghatározott látszólagos emészthetőségi értékek fehérje és foszfor tekintetében egy kedvező, jól emészthető alapanyagra utalnak a vizsgált halfajnál és összehasonlíthatók egyéb szántóföldi növények emészthetőségi együtthatóival. Az etetési kísérlet alapján megállapítottuk, hogy a ponty esetében akár 40%-ban is alkalmazható a DDGS a takarmányban aminosav-kiegészítés mellett, mivel kedvezően hat a növekedésre, a fehérje- és takarmányhasznosítása szignifikánsan jobb a kontrollhoz képest, valamint nincs negatív hatással a halak egészségi állapotára és anyagcsere folyamataira. A jól hasznosítható foszfor pedig csökkenti a szerves foszfor vegyületek alkalmazását a haltápban, ezzel együtt az elfolyó vízbe bocsájtott foszfor mennyiséget, és hatással van a takarmány előállítás költségére is. A továbbiakban, egy piacképes, tavi pontynevelő tápot tervezünk tesztelni félüzemi rendszerben, abból a célból, hogy világos képet kaphassunk arról, hogy nagy arányú DDGS-tartalmú takarmány miként hat a halak teljesítő képességére, a halhús minőségére, valamint nem utolsósorban a termelés gazdaságosságára.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kísérleti munka a Pannonia Bio Zrt. támogatásával valósult meg. Köszönjük a Nagyhegyesi Takarmány Zrt. hozzájárulását a kísérleti takarmány előállításához.

IRODALOMJEGYZÉK

- Abo-State, H. A. - Tahoun, A. M. - Hammouda, Y. A. (2009): Effect of replacement of soybean meal by DDGS combined with commercial phytase on Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings growth performance and feed utilization. American-Eurasian J. Agr. Environ. Sci., 473–479.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists) (1995): Official methods of analysis, 16th edition. Association of Analytical Chemists, Arlington, Virginia, USA
- ARRAINA (2015) *Feed ingredients in aquaculture - Technical booklet*. Available at: http://arraina.eu/images/ARRAINA/Media_Center/ARRAINA_1st_Technical_Booklet_web.pdf.
- Belyea, R. L. - Rausch, K. D. - Tumbleson, M. E. (2004): Composition of corn and distillers dried grains with solubles from dry grind ethanol processing. Biores. Tech., 94. 293–298.
- Bowser, P. R. (1993): Clinical pathology of salmonid fishes. In: Fish medicine. Ed. Stoskoff, M. K., Saunders, Philadelphia, USA.
- Bowzer, J. - Trushenski, J. - Rawles, S. - Gaylord, T. G. - Barrows, F. T. (2015): Apparent digestibility of Asian carp- and common carp-derived fish meals in feeds for hybrid striped bass *Morone saxatilis* ♀ × *M. chrysops* ♂ and rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. Aquacult. Nutr., 21. 43–53.
- Bureau, D.P. - Harris, A. M. - Cho, C. Y. (1999): Apparent digestibility of rendered animal protein ingredients for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture, 180. 345–358.
- Castillo, S. - Gatlin, D. M. (2015): Dietary supplementation of exogenous carbohydrase enzymes in fish nutrition: A review. Aquaculture, 235. 286–292.

- Cho, C. Y. - Slinger, S. J. - Bayley, H. S. (1982): Bioenergetics of salmonid fishes: Energy intake, expenditure and productivity. *Comp. Biochem. Physiol.*, 73B. 25–41.
- 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. 89–102.
- Cheng, Z. J. - Hardy, R. W. (2004a): Effects of microbial phytase supplementation in corn distiller's dried grain with solubles on nutrient digestibility and growth performance of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *J. Appl. Aquacult.*, 15. 83–100.
- Cheng, Z. J. - Hardy, R. W. (2004b): Nutritional value of diets containing distiller's dried grain with solubles for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *J. Appl. Aquacult.*, 15. 101–113.
- Degani, G. - Yehida, Y. (1997): The digestibility of nutrient sources of common carp *Cyprinus carpio* Linnaeus. *Aquacult. Res.*, 28. 575–580.
- Diógenes, A. F. - Castro, C. - Carvalho, M. - Magalhães R. - Estevão-Rodrigues, T. T. - Serra C. R. - Oliva-Telesa, A. - Peresa, 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. 42–50.
- Diógenes, A. F. - Basto, A. - Estevão-Rodrigues, T. T. - Moutinho, S. - Aires, T. - Oliva-Telesa, A. - Peresa, H. (2019): 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.
- FAO (Food & Agriculture Organisation) (2019): FAO yearbook. Fishery and Aquaculture Statistics 2017. Rome, doi: 10.1109/BMEI.2010.5639447.
- Gatlin, D. M. - Barrows, F. T. - Brown, P. - Dabrowski, K. - Gaylord, T. G. - Hardy, R. W. - Herman, E. - Hu, G. - Kroghdahl, A. - 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. *Aquacult. Res.*, 38. 551–579.
- 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. 41–76.
- Glencross, B. - Rutherford, N. - Jones, B. (2011): Evaluating options for fishmeal replacement in diets for juvenile barramundi (*Lates calcarifer*). *Aquacult. Nutr.*, 17. 722–732.
- Halver, J. E. (1976): Formulating practical diet for fish. *J. Fish. Board Can.*, 33. 1032–1039.
- Hardy, R. W. (2000): New developments in aquatic feed ingredients, and potential of enzyme supplements. in *Avances en Nutrition Acuicola V. Memorias del V Simposium Inter. Nutric. Acuicola*, 216–226.
- Horváth, L. - Tamás, G. - Seagrave, C. (2002): *Carp and pond fish culture*. Fishing News Books. Division of Blackwell Science Ltd. ISBN 0-85238-282-0.
- Hung, L. T. - Thanh, N. T. - Pham, M. A. - Browdy, C. L. (2015): A comparison of the effect of dietary fungal phytase and dicalcium phosphate supplementation on growth performances, feed and phosphorus utilization of tra catfish juveniles (*Pangasianodon hypophthalmus* Sauvage, 1878). *Aquacult. Nutr.*, 21. 10–17.
- 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*). *Mansoura J. Anim. Poultry Prod.*, 4. 455–467.
- Kumar, V. - Sinha, A. K. - Makkar, H. P. S. - Boeck, G. D. - Becker, K. (2012): Phytate and phytase in fish nutrition. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, 96. 335–364.
- 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. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 170. 246–255.

- Li, M. H. - Oberle, D. F. - Lucas, P. M. (2011b): Evaluation of corn distillers dried grains with solubles and brewer's yeast in diets for channel catfish *Ictalurus punctatus* (Rafinesque), Aquacult. Res., 42. 1424–1430.
- Li, M. H. - Robinson, E. H. - Oberle, D. F. - Lucas, P. M. (2010): Effects of various corn distillers' by-products on growth, feed efficiency, and body composition of channel catfish, *Ictalurus punctatus*. Aquacult. Nutr., 16. 188–193.
- Lim, C. - Yildirim-Aksoy, M. (2008): Distillers dried grains with solubles as an alternative protein source in fish feeds. 8th International Symposium on Tilapia in Aquaculture. 67–82.
- Makkar, H. (2012): Biofuel co-products as livestock feed - Opportunities and challenges. Rome: FAO.
- Overland, M. - Krogdahl, A. - 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. 201–208.
- Pinotti, L. - Ottoboni, M. - Giromini, C. - Dell'Orto, V. - Cheli F. (2016): Mycotoxin contamination in the EU feed supply chain: A focus on cereal byproducts. Toxins, 8. 45.
- Rajić, Z. - Vignjević-Dorđević, N. - Čanak, S. (2016): Production and economic results of intensive carp (*Cyprinus carpio*) farming in Serbia. Econom. Agricult., 63. 1445-1458.
- Révész, N. - Havasi, M. - Lefler, K. K. - Hegyi, Á. - Čolović, R. - Banjac, V. - Ardó, L. - Sándor J., Zs. (2018): A DDGS potenciális alkalmazásának lehetőségei európai harcsa (*Silurus glanis*) tápokban. Halászati Tudományos Tanácskozás, Szarvas, 2018. május 30-31. előadás kivonat, 22-23.
- Révész, N. - Kumar, Sh. - Bogevis, A. S. - Fazekas, Gy. - Jeney, Zs. - Hegyi, Á. - Sándor J., Zs.: (2020). Effect of temperature on digestibility, growth performance and nutrient utilization of corn distiller's dried grains with soluble (DDGS) in common carp juveniles. Aquacult. Res., 51. 828–835.
- Révész, N. - Havasi, M. - Lefler, K. K. - Hegyi, Á. - Ardó, L. - Sándor J., Zs. (2019): Protein replacement with dried distiller's grain with solubles (DDGS) in practical diet of common carp (*Cyprinus carpio*). AACL BIOFLUX, 12. 1174-1188.
- Ruttkay, A. (2016): Az édesvízi akvakultúra alapjai és a magyar haltenyésztés sajátosságai. Szerk. Péteri A. Szarvas, NAIK Halászati Kutatóintézet.
- 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 J. Agricult. Environ. Sci., 5. 550–555.
- Thompson, K. R. - Rawles, S. D. - Metts, S. L. - Smith, R. - Wimsatt, A. - Gannam, A. L. - 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* X. *M. saxatilis*. J. World Aquacult. Soc., 39. 352-363.
- Tocher, D. R. - Glencross, B. (2015): Lipids and fatty acids. In: Dietary nutrient, additives, and fish health, Eds.: Lee, C. S. - Lim, Ch. - Gatlin, D. - Webster, C. D., John Wiley&Sons Inc. ISBN: 9780470962886 Online ISBN: 9781119005568 doi:10.1002/9781119005568.ch3
- Trushenski, J. - Gause B. (2013): Comparative value of fish meal alternatives as protein sources in feeds for hybrid striped bass. North Amer. J. Aquacult., 75. 329-334.
- USGC: (2012): A guide to Distiller's Dried Grains with Solubles (DDGS), U.S. Grain Council, 3rd Ed.
- Zhou, P. - Davis, D. A. - Lim, C. - Yildirim-Aksoy, M. - Paz, P. - Roy, L. A. (2010): Pond demonstration of production diets using high levels of distiller's dried grains with solubles with or without lysine supplementation for channel catfish. North Amer. J. Aquacult., 72. 361-367.
- Velisek, J. - Svobodova, Z. - Machova, J. (2009): Effects of bifenthrin on some haematological, biochemical and histopathological parameters of common carp (*Cyprinus carpio* L.). Fish Physiol. Biochem., 35. 583–590.
- 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.

Woynárovich, A. - Kovács, É. - Péteri, A. (2019): A takarmányozás gyakorlati szempontjai a tógazdasági haltermelésben. Budapest, Agrárminisztérium, Halgazdálkodási Főosztály.

Érkezett: 2020. január

Szerzők címe: Jakabné Sándor Zs. - Révész N. - Havasi M.
Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ, Halászati Kutatóintézet

Authors' address: National Agricultural Research and Innovation Centre
Research Institute for Fisheries and Aquaculture
H-5540 Szarvas, Anna-liget 35.
jakabne.sandor.zsuzsanna@naik.haki.hu

Sh. Kumar



Norwegian Institute of Food, Fisheries and Aquaculture Research, (NOFIMA AS)
Fyllingsdalen, Norway

A. S. Borgevik

Department of Aquaculture, College of Fisheries,
Dr. Rajendra Prasad Central Agricultural University
Muzaffarpur, Bihar, India