

SZAKDOLGOZAT

Bugovics Eliza
Természetvédelmi mérnök Bsc

Kaposvár
2023



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Kaposvári Campus
Természetvédelmi mérnök Bsc Szak

Tápanyagforgalom optimalizációja akvapónia rendszerekben

Belső konzulens:

Dr. Molnár Tamás Gergely
tudományos főmunkatárs

Külső konzulens:

Dr. Varga Dániel
tudományos munkatárs

Készítette:

Bugovics Eliza (B004PO)

Természetvédelmi mérnök nappali tagozatos hallgató

Intézet/Tanszék:

Alkalmazott Halbiológiai Tanszék

Kaposvár
2023

TARTALOMJEGYZÉK

1. Bevezetés.....	3. oldal
2. Szakirodalmi áttekintés.....	6. oldal
2.1. Az akvapónia eredete.....	6. oldal
2.1.1. Akvapónia biológiai és ökológiai háttere.....	6. oldal
2.1.2. Akvapónia működési elve.....	7. oldal
2.2. Tápanyagforgalom az akvapóniában.....	8. oldal
2.2.1. A halak takarmányozása.....	8. oldal
2.2.2. Telepíthető halfajok.....	8. oldal
2.2.3. Növényi tápanyagok.....	9. oldal
2.3. A növénytermesztés technológiája.....	10. oldal
2.3.1. Media Filled Beds (MFB).....	10. oldal
2.3.2. Nutrient Film Technic (NFT).....	11. oldal
2.3.3. Deep Water Culture (DWC).....	12. oldal
2.4. A természető-közeges akvapónia rendszer felépítése.....	13. oldal
2.4.1. Chift Pist rendszer.....	13. oldal
2.4.2. Simple Flood and Drain rendszer.....	14. oldal
2.4.3. Constant Flood rendszer.....	15. oldal
2.4.4. Termeszthető növények	15. oldal
2.5. Alternatív és fenntartható tápanyagforrások.....	15. oldal
2.5.1. Mustár olajpogácsa összetétele.....	15. oldal
2.5.2. Mustármag olajpogácsa felhasználása és hatásai.....	16. oldal
3. Saját vizsgálatok.....	18. oldal
3.1. Vizsgálat célja.....	18. oldal
4. Anyag és módszer.....	18. oldal
4.1. Kísérlet bemutatása.....	18. oldal
4.2. Statisztika.....	19. oldal
5. Eredmények és értékelésük.....	21. oldal
6. Következtetések és javaslatok.....	25. oldal
7. Összefoglalás.....	26. oldal
8. Köszönetnyilvánítás.....	29. oldal
9. Irodalom jegyzék.....	30. oldal

Nyilatkozat

1. Bevezetés:

Az élelmiszerek iránti kereslet világszinten meg fogja haladni a hagyományos mezőgazdaság termelékenységét a népesség várható növekedése, a termőföldek zsugorodása, a növekvő édesvízhiány és a gyorsan változó éghajlat miatt. A probléma egyik megoldása az akvapóniás termelés lehet. Az ilyen rendszerekben történő növénytermesztés a jövőbeni vegyszermentes élelmiszer alapanyag termelés egyik fő irányvonala lehet (Homoki és mtsai, 2019). A klasszikus akvapónia egy fenntartható és erőforrás-hatékony termelési rendszer, melyben egyszerűen megfogalmazva a halas rendszer (Recirculated Aquaculture System – RAS) tápanyagdús vize egy talaj nélküli integrált növénytermesztő egységen átáramolva megtisztul, miközben tápanyagot szolgáltat a növények számára. Nagyszerűsége az egyszerűségében rejlik. Az akvapónia környezetbarát mivolta elvitathatatlan, mégis jelentős hátrányokkal rendelkezik egy professzionális RAS vagy hidropóniás rendszerrel szemben hatékonyságát tekintve.

Az akvapóniás rendszerekben a halak kellő mennyiségű nitrátot és foszfátot tudnak szolgáltatni ahhoz, hogy a nevelt növények fejlődéséhez elegendő legyen. A halürülék összetétele és megfelelő lebomlása jó tápanyagforrás. Azonban némely nyomelem csak nagyon kis mennyiségben vagy pedig egyáltalán nem található meg az akvapóniában, így hiánybetegségek léphetnek fel a növények tekintetében. A főbb tápanyagok, melyek alapesetben hiányozhatnak az akvapóniában a vas, a kálium és a magnézium. A fő ok, hogy ezek az elemek nagyon kis mennyiségben vannak csak jelen a halak takarmányában, így kis mértékben tudnak csak bekerülni az akvapóniás rendszerbe.

Az akvapóniában a halak takarmányozását teljes értékű táppal lehet megoldani, mely használatával annak halliszt tartalma miatt kevésbé érvényesül a fenntarthatóság. Ezt kiküszöbölendő olyan alternatív fehérjeforrással, amely alkalmas lehet a halliszt kiváltására, mely jó teljesítményt eredményez a halaknál és egyes szükségességek mikro és mezelemeket is képes lehet pótolni a növények számára. Ennek egyik lehetséges megoldása a mustár olajpogácsa por lehet, melynek haltakarmányokban való használatára vonatkozóan csak korlátozottan állnak rendelkezésre tudományos eredmények. A mustár olajpogácsa Ázsiában elterjedt trágyázószer, emellett magas fehérjetartalmú és jó összetételű, alkalmas lehet takarmányösszetevőként.

Az utóbbi időben rengetegszer olvashattuk, hogy az előre jelzések szerint 2050-re nagy valószínűséggel megduplázódik a Föld népességének várható élelmiszer igénye, ezzel együtt az ivóvíz szükséglete is. A világ egyes területein az egyre bővülő társadalmi középosztályoknak fokozatosan nő az igénye az egészséges táplálkozásra, illetve maga az egészséges, és tudatos táplálkozás is egyre nagyobb népszerűségnek örvend napjainkban.

A növekvő igények miatt az élelmiszer előállítás a hagyományos mezőgazdasági módszerekkel hamarosan már nem lesz lehetséges, így olyan fenntartható módszereket kell kidolgozni, amelyek egyrészt ki tudják elégíteni a növekvő igényeket, másrészt ezek hatásai kevésbé legyenek környezetkárosítóak, mint a jelenleg alkalmazott technológiáké.

A különféle lehetséges fenntarthatóságot elősegítő megoldások között kutakodva találok először az akvapónia rendszer fogalmával.

Egyből felkeltette az érdeklődésemet, mert úgy hiszem, hogy ezzel a módszerrel történő élelmiszertermelés végre áttörést hozhat a folyton vitákhoz vezető társadalmi, de legfőképp a környezetvédelmi problémáknak a megoldásában. A rendszer szimpatikusságát tovább növelheti, hogy nincs szükség termőföldi területre az alkalmazásához, teljesen vegyszermentes, és bárki akár a saját kertjében is kialakíthatja, ezáltal is csökkenthető a termékek szállítási ideje, valamint az embereknek a közvetlen közelében van lehetőség a bioélelmiszerek előállítására.

Szakkolozati téma választásomban szerepet játszott, hogy érdekelnek azok az innovatív technológiák, melyek lehetőséget nyújthatnak a környezetvédelem fenntartásához, valamint fenntartható és hatékony megoldást jelentenek a jövőben felmerülő élelmiszer és ivóvízhiány megoldására. A kísérletben alkalmazott mustár olajpogácsa alapú táp alkalmazását pedig egy új alternatívának tartom az akvapónia rendszerben.

A kiindulási pont az volt, hogy hogyan tudnánk természetes és fenntartható módon tápanyagot bejuttatni az akvapónia rendszerbe, mindezt úgy, hogy az a halak és növények számára egyaránt jó eredményekkel szolgáljon.

Hosszas keresgélés után rátaláltam a mustármag olajból készíthető olajpogácsára, melyet Indiában régóta nagy tételben használnak trágya helyett, mert nagyon jó beltartalmi értékekkel, nátrium-foszfor-kálium tartalom és aránnyal rendelkezik.

Jelen tanulmányommal egy átfogó ismeretet kívánok nyújtani az akvapónia rendszer sokrétű lehetőségeiről, működtetésének egy lehetséges új és hatékony módjáról.

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1. Az akvapónia eredete:

A multitrofikus akvakultúra rendszerek – aminek az akvapónia is tekinthető – már több ezer éve ismertek az emberiség körében. Az aztékok úszó kertjeikben (chinampa) haszonnövényeket termeltek. Az ókori Kínában a rizsföldek vizébe különböző halfajokat telepítettek, melyek mellett, hogy elpusztították a kártevőket, „trágyázásukkal” fokozták a rizs hozamát.

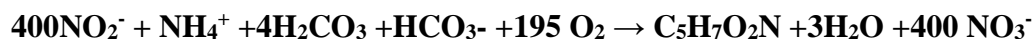
A modern akvapóniát az 1980-as években alkották meg, és azóta széles körben elterjedt a világon. Az ökológiai gondolkodású emberek kis akvapóniáitól a hatalmas termelőtelepekig minden méretben megtalálhatók, emellett nagy számban létesültek és létesülnek folyamatosan kutatási célt szolgáló (University of Virgin Islands, Purdue University, USA) és bemutató jellegű (Tropenhaus Wolhusen, Svájc) akvapóniás egységek.

2.1.1. Akvapónia biológiai és ökológiai háttere

Az akvapónia rendszer üzemeltetésének alapját a nitrogénciklus adja, amely baktériumok közreműködésével valósul meg. A halak ammóniát ürítenek a vízbe, ez gondot jelent, mert érzékenyek a megnövekedett ammónia-koncentrációra. Az ammónia nagy mennyiségben károsíthatja a szöveteket, azon belül a halak veséjét és kopoltyúit. Hatása a növekedés mértékének csökkenését, a betegségekkel szembeni ellenállóképességük romlását, de akár a halálukat is okozhatja. A természet azonban orvosolta ez a gondot, még pedig úgy, hogy megteremtette a nitroszóma baktériumot (*Nitrosomonas* sp.), mely képes az ammóniát nitritté változtatni az alábbiak szerint:



A nitrit azonban akadályozza a halak oxigén felvételét, de a természet erre is alkotott megoldást létrehozta a nitrobaktériumot (*Nitrobacter* sp.), ami a nitritet nitráttá képes alakítani:



A halak ezt az anyagot sokkal jobban elviselik, mint a nitrátot vagy az ammóniát, sőt a nitrit a növények egyik fő tápanyagát képzik.

2.1.2. Akvapónia működési elve:

Akvapónia említése alatt nem csak egyetlen eljárást érthetünk, hanem történetesen három féle talaj nélküli termesztési módszert tudunk megkülönböztetni egymástól. Van egy úgynevezett „tankkultúra”, ebben az eljárásban tartályokat hozunk létre és ezekben valósul meg a növények termesztése. Másrészt vannak a szilícium-dioxid alapú homokos, tápanyag nélküli, indifferens közeges rendszerek, amelyekbe vizes oldat formájában lehet bejuttatni a tápanyagot. A harmadik variáció pedig a halas változat, amikor elkülönített tárolókban élő halak vízben oldott ürüléke jut el a növényekhez. Az utóbbinak van még egy alváltozata, mikor emberi közreműködéssel jutnak a vízbe a növények számára fontos tápanyagok, mint a foszfor, nitrát és a kálium.

Az akvapónia lényege, hogy az ismertetett rendszereket összevonjuk: a halas medencék elfolyó vize, mely a halak által kiválasztott vegyületekkel (főleg ammónia) terhelt, egy ülepítést követően olyan közegbe kerül, melybe haszonnövények vannak ültetve. Az ültetőközeg (agyag granulátum, perlit, stb) felületén – a bioszűrőhöz hasonlóan – nitrifikáló baktériumok (*Nitrosomonas*, *Nitrobacter*) telepsznek meg, és itt megy végbe a nitrifikáció folyamata. A nitrifikáló baktériumok a nitrogén egy részét felhasználják saját növekedésükhöz, a többi ammónia a nitrifikáció során nitritté, majd nitráttá alakul, mely formákban hozzáférhetővé válik a növények számára is.

A nitrifikáció csak oxigén jelenléte játszódik le. Két szakaszból az első, amikor az ammónia nitritté alakul, majd a második mikor az előállított nitrit tovább alakul a növények számára felvehető nitráttá. A halak által kiválasztott bomlástermékek így újrahasznosulnak valamilyen gazdaságilag hasznosítható növény formájában. A növények felhasználják a vízben oldott metabolitokat, melyek felhalmozódva gátolnák a halak növekedését, és egy bizonyos koncentráció felett mérgezővé is válhatnak. A növények kiváltják a drága biofilter-egységeket olyan módon, hogy közben értéket termelnek. A haltartó medencékbe pedig a megtisztított víz kerül vissza.

Az akvapónia rendszerek lényegesen kevesebb vizet igényelnek, mint a recirkulációs haltermelő és hidropóniás növénytermesztő rendszerek külön-külön. Helyigényük és energiafelhasználásuk kicsi.

2.2. Tápanyagforgalom az akvapóniában

2.2.1. A halak takarmányozása:

A halak energia- és táplálékszükséglete fajonként változó. Általánosságban elmondható, hogy magas a fehérje- és zsírigényük, de sokkal jobban is hasznosítják a felvett táplálékot, mint a szárazföldi állatok.

A halak táplálékigénye az életkorral változik. A halivadékoké és a növendékhalaké nagyobb, míg a kifejlett halaké kisebb. Ezt mindig a hal súlyához viszonyítva számítjuk ki. Például: a halivadék a saját súlya 8-9%-ának megfelelő mennyiségű táplálékot fogyaszt naponta, addig ez az érték kifejlett halaknál 2-3%. Ezek az értékek az optimális takarmányozási mennyiséget is mutatják. Ha ennél kevesebb takarmányt adunk, akkor a halak növekedése lassú, vagy leáll. Ha az optimálisnál többet adunk, akkor pedig pazarolunk, hiszen a halak bár elfogyasztják a tápot, de növekedésük már nem gyorsul, a vízminőség pedig romlani kezd.

Intenzív és akvapóniás rendszerben tartott halak számára úgynevezett teljes értékű vagy komplett tápra van szükség. Ez tartalmaz minden olyan anyagot, melyre a halaknak szüksége van, hiszen mesterséges körülmények közt a halak nem találnak természetes táplálékot. Tavi környezetben a halak természetes táplálékkal (apró állatok és növények) fedezik fehérje, zsír, vitaminok és ásványi anyagok iránti igényüket.

A halak etetését naponta több alkalommal kell végezni. Halivadékokat naponta 5-6 alkalommal, fiatal korosztályú halakat naponta 3-4 alkalommal, kifejlett halakat pedig naponta 2 alkalommal kell etetni.

2.2.2. Telepíthető halfajok

Az akvapónia rendszerekben mindazon halfajok jól nevelhetők, melyek az intenzív recirkulációs rendszereket is elviselik. Jól elviselik a nagy telepítési sűrűséget és kevésbé érzékenyek a vízminőséggel szemben. Étkezési és díszhalak is tenyészthetők akvapóniában. Főbb fajok: nílusi tilápia, ponty, aranyhal, harcsafélék és sügérfélék. Az intenzíven nevelhető fajok közül a tokfélék és a pisztrángfélék kevésbé alkalmasak, mert hőmérsékleti igényeik nem esnek egybe a legtöbb gazdasági növényével. A hibrid csíkos sügér pedig rosszul tolerálja a kálium magasabb koncentrációját a vízben, az akvapóniában azonban ez gyakran előfordul, mert a növények megfelelő növekedéséhez káliumpótlás szükséges.

Akvapóniás rendszerben történő nevelésre az egyik legalkalmasabb faj a nílusi tilápia. Kiváló ellenálló képessége, igénytelensége, könnyű tenyésztése, gyors növekedése kiváló takarmányhasznosítása és jó piaca miatt kedveltek a tenyésztők körében világszerte. A ponty után második legnagyobb mértékben tenyésztett halfaj a világon. A sügérfélékhez tartozik, így húsa hófehér, szálkamentes és ízletes, jó áron értékesíthető. Hazánkban egyre nő a kereslet e halfaj iránt.

A nílusi tilápia mindenevő halfaj. Természetes körülmények közt növényi és állati eredetű plankton, vízínövényeket és a vízfenéken élő állatokat fogyasztja. Intenzív körülmények közt jól takarmányozható komplett haltápokkal, melyekben minden szükséges anyag megtalálható. Hazánkban is elérhetők a melegvízi halfajok (pl. pontyfélék) számára gyártott tápok, melyek kiválóan alkalmasak tilápia nevelésére.

A legalacsonyabb hőmérséklet, amit elvisel, 6-8 °C körüli, 10 °C alatt nem táplálkozik. 20-25 °C-on jól tartható és nevelhető. A legjobb takarmányhasznosítás szempontjából a 28 °C az optimális.

A vízminőséggel szemben igénytelen, jól tűri a magas sótartalmat és az alacsony oldott oxigén tartalmat. Az ideális oxigéntartalom 0,7-0,8 mg/l. Az ammóniával és nitrittel szemben is toleránsabb a többi halfajnál.

Az akvapónia rendszerekben mindazon halfajok jól nevelhetők, melyek az intenzív recirkulációs rendszereket is elviselik. Jól tolerálják a nagy telepítési sűrűséget és kevésbé érzékenyek a vízminőséggel szemben. Étkezési és díszhalak is tenyészthetők akvapóniában. Főbb fajok: nílusi tilápia, ponty, aranyhal, harcsafélék, sügérfélék és barramundi. Az intenzíven nevelhető fajok közül a tokfélék és a pisztrángfélék kevésbé alkalmasak, mert hőmérsékleti optimumuk nem esik egybe a legtöbb gazdasági növényével. A hibrid csíkos sügér pedig rosszul tolerálja a kálium magasabb koncentrációját a vízben, az akvapóniában azonban ez gyakran előfordul, mert a növények megfelelő növekedéséhez kálium pótlás szükséges (Varga 2014).

2.2.3. Növényi tápanyagok:

Az akvapóniában lévő halak képesek elegendő mennyiségű foszfát és nitrát előállítására annak érdekében, hogy a termesztett növények fejlődése akadálymentes lehessen. Bélsaruk mind összetételében és lebomlásában tehát kiváló tápanyagforrásként szolgál. A rendszer egyik

hiányossága viszont, hogy bizonyos nyomelemek vagy nagyon kis mennyiségben, vagy pedig egyáltalán nincsenek is jelen az akvapóniában. Ilyenek például a vas, magnézium és kálium. Ezen főbb tápanyagok hiányának oka, hogy a halak takarmányában ezek mennyisége kevés, így értelemszerűen kis mértékben kerülnek bele az akvapóniás rendszerekbe. (Monsees és mtsai, 2017).

Az elvégzett felmérések után megállapítható, hogy a tenyésztett halak bélsarának összetételét megvizsgálva, összehasonlítva az állandó testhőmérsékletű haszonállatok trágyájával egy differensebb eredményt kapunk. A P, Mg, Ca és a N nyomelemek összetételében hasonlóak, viszont a K koncentrációját tekintve szignifikáns hiány figyelhető meg egy pisztrángtelepen begyűjtött halürülék illetve egy marha, sertés és baromfitrágya között. (Naylor és mtsai, 1999). Ugyanezen kutatók vizsgálták azt is, hogy a friss halürülékben magasabb volt a Mn, Cd, Cr, Pb, Fe és Zn, ugyan akkor alacsonyabb As, Se, Co és Ni tartalom más haszonállatok friss trágyájához viszonyítva. A begyűjtött minták 0,53% magnéziumot, 2,83% nitrogént, 6,99 kalciumot, 0,1 % káliumot, és 2,54% foszfort tartalmaztak a szárazanyagra való kivetítés során. (Naylor és mtsai, 1999).

Ezen eredményekből, lehet következtetni arra, hogy az akvapónia rendszerekben lévő halak ürülékének specifikus összetételéből származó nyomelemektől is kialakulhatnak hiánybetegségek a növényeknél.

2.3. A növénytermesztés technológiája

Az akvapóniás rendszer növénytermesztő egysége több módon is működhet. Ezeknek három fő fajtája különíthető el.

2.3.1. Media Filled Beds (MFB)

A legegyszerűbb és leggyakrabban alkalmazott módszer. A termesztőtálcák valamilyen porózus közzeggel (agyaggranulátum, perlit) vannak feltöltve és a növények ebbe vannak beleültetve. A haltartályok vize az ültetőközegen keresztüláramolva „megtisztul” és tápanyagot szolgáltat a növények számára. Legalkalmasabb módszer az összes növényfaj termesztésére.



a. kép Az MFB termesztőközeg

(forrás: <http://www.backyardaquaponics.com/>)

2.3.2. Nutrient Film Technic (NFT)

A hidropóniában elterjedt módszer, az akvapóniában kevésbé alkalmazzák. Lényege, hogy a haltartályok vizét hosszú csővezetéken vezetik keresztül olyan módon, hogy a cső felületén egy vékony filmrétegben csorogjon. A csőre vágott lyukak sorozatába helyezett kis kosarakba ültetik a növényeket, melyek gyökere a vízfilmről felveszi a szükséges tápanyagokat. Saláta és földieper termesztésére kiválóan alkalmas.



b. kép Az NFT termesztési módszer

(forrás: <http://www.backyardaquaponics.com/>)

2.3.3. Deep Water Culture (DWC)

A módszer lényege, hogy a növények vízben úszó (pl.: hungarocell) tálcákra vágott lyukakba vannak ültetve és gyökereik a vízbe lógva felveszi a szükséges elemeket. Az úszó tálcák nagy felületű puffer tartályokba vagy pedig közvetlenül a haltartó medencék vizének felületére is helyezhetők. E második esetben azonban ügyelni kell arra, hogy némely halfajok a növények gyökereiben kárt tehetnek azok elfogyasztásával.



c. kép A DWC termesztési módszer

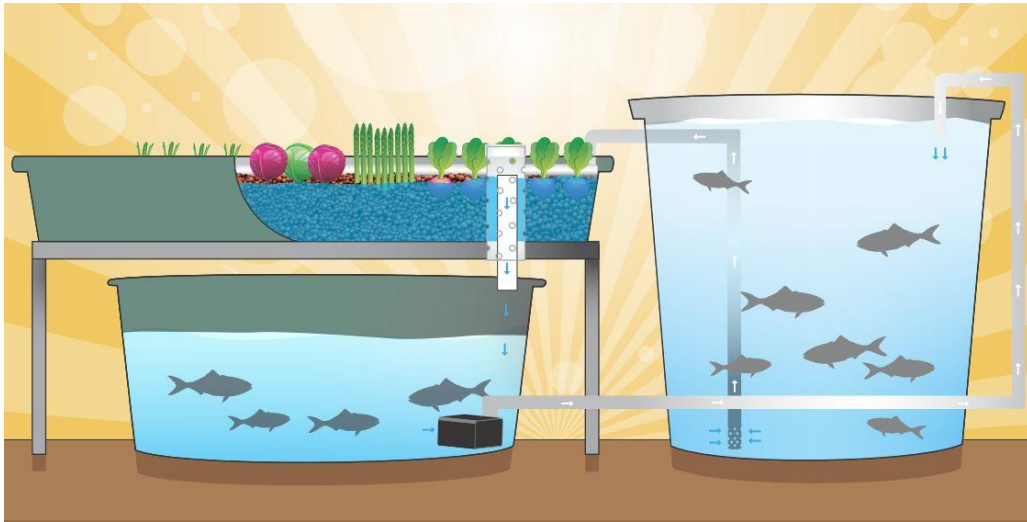
(forrás: <http://www.backyardaquaponics.com/>)

2.4. A termesztő-közeges akvapónia rendszer felépítése

A termesztő közeget alkalmazó (MFB) akvapónia rendszerek működésüket tekintve többfélék lehetnek. A fő különbségek a szivattyú elhelyezkedésében és a termesztő közeg vízellátottságában rejlenek.

2.4.1. Chift Pist rendszer

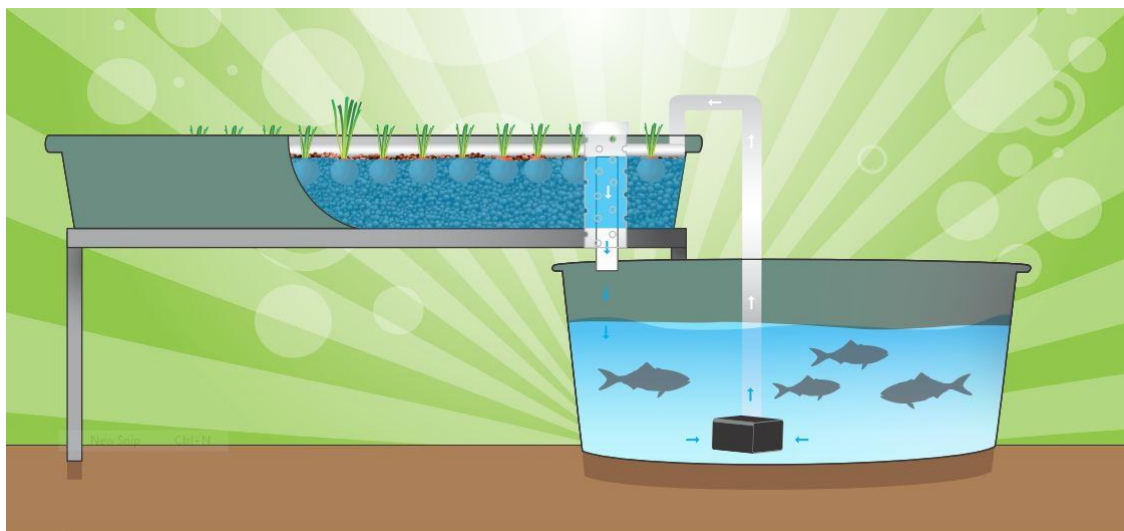
A rendszer elnevezése egy angol mozaikszó: **Constant Height In Fish Tank Pump In Sump Tank**. Ennek jelentése: állandó vízszint a haltartályban és szivattyú a gyűjtőtartályban (*d. kép*). A haltartály vize a termesztő ágyakba áramlik, ahol a szilárd részecskék kiülepednek, a nitrifikáció végbemegy, és a víz megtisztul. A víz innen tovább áramlik egy gyűjtőtartályba, ahonnan egy szivattyú termeli vissza a vizet a haltartályba. Előnyei, hogy a szivattyú nem szennyeződhet szilárd részecskékkel, a haltartályban pedig mindig állandó a vízszint.



d. kép A Chift Pist rendszer
 (forrás: <http://www.backyardaquaponics.com/>)

2.4.2. Simple Flood and Drain rendszer

Az előző rendszernek egy egyszerűsített változata, csak két fő egységből áll. A szivattyú a haltartályból közvetlenül a termesztő ágyakra közvetíti a vizet. Itt a víz egy bizonyos szintet elérve aktivál egy úgynevezett harangszifont, mely leereszti a vizet a termesztő közegről. Így a vízszint itt periodikusan változik. Előnye az egyszerű felépítés. Hátránya, hogy a szivattyú eltömődhet, illetve, ha a növényes tálcán dugulás lép fel, az összes víz eltávozhat a haltartályból.



e. kép A simple Flood and Drain rendszer
 (forrás: <http://www.backyardaquaponics.com/>)

2.4.3. Constant Flood rendszer

A legegyszerűbb működésű rendszer, mely szinte teljes egészében megegyezik az előzővel. Annnyiban különböznek, hogy a növénytermesztő tálcákban a harangszifon helyett egy szinttartó cső szabályozza a vízszintet, mely így állandó.

2.4.4. Termeszthető növények

Akvapóniában szinte minden növényfajta termeszthető, ami hidropóniában is: paradicsom, paprika, uborka, tojásgyümölcs, sárgadinnye, bab, saláta, spenót, brokkoli, retek, zöldhagyma, fokhagyma, burgonya, sárgarépa, petrezselyem, földieper. Ezek mellett az akvapónia fűszernövények termesztésére is alkalmas.

2.5. Alternatív és fenntartható tápanyagforrások

Az akvakultúrában a haltakarmányok egyik fő alapanyaga a halliszt, ami a legjobb fehérjeforrás, azonban ökonómiai és ökológiai szempontokból is kérdéses a nagyarányú felhasználása. A hallisztet az óceánokból kifogott, úgynevezett takarmány-minőségű halakból állítják elő, mely a tengerek túlhalászásához vezet. A lehalászott halmennyiség halliszt célú felhasználása 1994-ben érte el a maximumát, megközelítőleg 30 millió tonnát (FAO, 2018). Azóta a termelt halliszt mennyisége ingadozó, de alapvetően évről évre csökken. Ezzel szemben a halliszt iránti kereslet folyamatosan nő, mely a termék árának jelentős emelkedését eredményezi. Ezen okokból kifolyólag vált fontos kérdéssé az alternatív fehérjeforrások keresése. Erre alkalmasak lehetnek a magasabb fehérjetartalmú növényi eredetű takarmányok (pl. hüvelyes magvak, pillangósok, olajos magvak darái) és az állati eredetű melléktermékek is (pl.: húsliszt, vérliszt, stb).

2.5.1. Mustár olajpogácsa összetétele

A halliszt kiváltására alkalmas lehet a mustár olajpogácsa, mely a mustárolaj sajtólása során keletkezett melléktermék. A mustármag termelés volumene 2014-ben 67 Mrd tonna volt a világban, melynek célja jelentős részben a mustárolaj előállítása (Swati és Das 2014). A mustárolaj fogyasztása alapvetően Ázsiában jelentős, így a mustártermelés is ebben a régióban a legmagasabb. A legfőbb termelők India, Pakisztán és Nepál (www.helgilibrary.com).

A mustárolaj sajtolása után a mag 60%-ból olajpogácsa lesz. Az olajpogácsa nagyon magas fehérjetartalommal (35-40%) rendelkezik, melyben az alábbi aminosavak találhatóak meg nagy arányban: lizin, albumin, globulin és glutelin.

A mustár olajpogácsa összetételét a 2. táblázat mutatja. Erről látható, hogy az összetétele alapján nagyon jó alapanyaga lehet különböző takarmányoknak.

Fehérje	35-40 %
Zsír	8%
Szénhidrát	21%
Hamu	8%

2. táblázat: A mustár olajpogácsa összetétele (Devi és Devi 2011)

Mindemellett a szénhidrát tartalommal belül található benne 10% oldható cukor, 4-5% pektin és ugyanannyi cellulóz, 3% hemicellulóz és 1% keményítő (Nack és Shahidi 1992).

A mustárpogácsa nagyon jó forrása még különböző bioaktív anyagoknak is. Jelentős mennyiségben vannak jelen fitátok, glükoszínolátok, valamint szabad és észterifikált fenolok is.

2.5.2. Mustármag olajpogácsa felhasználása és hatásai:

Az összetételéből kifolyólag a mustár olajpogácsa felhasználása sokrétű a világban. Az ázsiai országokban, főként Indiában, ahol a sajátos szocio-kulturális viszonyok miatt a szerves állati trágya nem áll rendelkezésre, talajjavításra alkalmazzák. Sokkal lassabban fejti ki hatását, mint az istállótrágya a hosszabb idejű mineralizáció miatt, viszont kevesebb a gáz állapotú nitrogénvesztése a nitrát-műtrágyákhoz viszonyítva. N-P-K összetétele 4,8-2-1,3 (Ullah és mtsai, 2008).

A mustár pogácsa takarmányozási célú felhasználása szintén jelentős. Szinte az összes haszonállat számára alkalmazható bizonyos bekeverési arányban a halaktól a kérődzőig bezárólag. Juh és kecske valamint nyúl takarmányozásban nem jelentkeztek negatív hatások az állatok növekedésében (Tripathy és mtsai, 2008). A kérődzők számára jár legelőnyösebb hatásokkal az etetése, azonban a kesernyés, enyhén csípős íze miatt számukra a legkevésbé

ízletes/elfogadott takarmány. A kesernyés ízt a tannintartalom okozza, mely mellesleg szintén pozitív hatással van a kérődzők emésztésére.

A mustár olajpogácsa haltakarmányokban való alkalmazhatóságát ezidáig kevesen vizsgálták. Hossain (2013) kimutatták, hogy fehér busa (*Hypothalmichtys molitrix*) és reba (*Cirrhinus reba*) növekedése erőteljesebb mustárpogácsa etetése során.

A fentiekén kívül aminosav-összetétele és antioxidánstartalma miatt humán táplálékkiegészítőként is jól alkalmazható, azonban ebben a tekintetben további vizsgálatok elengedhetetlenek (Mejia, 2003)

3. Saját vizsgálatok:

3.1. A vizsgálat célja:

A vizsgálatom elsődleges célja az volt, hogy az akvapóniás rendszer működési elvébe mélyebb betekintést nyerhessek, illetve megismerhessem az általa kínált lehetőségek körét.

Alapvetően az új tápanyagforrásként alkalmazott mustármag olajpogácsa hatásaira mind a halak mind a növények szempontjából. Gyorsabb növekedés érhetünk-e el vele. Ki válthatja-e az akvapóniás rendszerben hagyományosan használt trágyákat.

4. Anyag és módszertan:

4.1. Kísérlet bemutatása:

A célkitűzések elérése érdekében kísérletet végeztem a MATE AKI Alkalmazott Halbiológia Tanszékén és a Mozgáskorlátozottak Somogy Megyei Egyesületének Napsugár Akvapóniás Központjában.

Kezdetben a haltakarmányok gyártása történt. Egy kontroll és egy kísérleti tápot készítettem. Kontroll tápként a Kondacs (2020) által akvapóniában alkalmazott sertés hemoglobin kiegészítésű, míg kísérleti tápként mustár olajpogácsa kiegészítésű tápok gyártottunk. A két táp fehérje, zsír és energiatartalma megegyezett.

	Hemoglobin	Mustár
Összetevő	%	
Sertés hemoglobin por	10	0
Mustár pogácsa	0	20
Szójaliszt	12	10
Kukorica	50	35
Halliszt	25	30
Halolaj	3	5

1. táblázat: kísérleti tápok összetétele

Ezután a tápok felhasználásával etetési kísérletet végeztem az MSME Akvapóniás központjában. A kísérlet 6 hétig tartott. Itt két különálló akvapónia rendszerbe (2 m³ haltartály és 6 m² termesztőfelület/rendszer) 10-10 db 1500 g átlagsúlyú pontyot telepítettem és a termesztőközegbe (expandált agyaggyöngy) 25-25 db 4-leveles saláta palántát ültettem. A haltartályok levegőztetése egyedileg történt, a vizet szivattyúk folyamatosan keringették. A kísérlet folyamán az átlagos víz hőmérséklet 19 °C volt.



1. kép: Saláta ültetése az akvapónia rendszerbe

A halak etetése *ad libitum* történt naponta kétszer. A halak súlyát és hosszát a kísérlet kezdetekor és befejezésekor mértem.

4.2. Statisztika:

A takarmányfogyasztást regisztráltam, melyből takarmányegyütthatót számítottam az alábbiak szerint:

$FCR = F / (W_t - W_i)$ (g/g), ahol F az elfogyasztott takarmány mennyisége grammal kifejezve,
W_t a befejező, míg W_i az induló átlagtömeg (g).

A kísérlet folyamán az alábbi vízminőségi paramétereket kéthetente mértem: NH_4 , NO_2 , NO_3 , PO_4 Macherey Nagel PF-12^{plus} fotométerrel (2.kép). Az adatokat független kétmintás T-próba segítségével hasonlítottam össze SPSS statisztikai program segítségével.



2. kép. Macherey Nagel PF12 plus fotométer

5. Eredmények és értékelésük

A kísérlet folyamán halpusztulás nem volt tapasztalható. A kontrol és kísérleti csoport között nem sikerült kimutatni statisztikailag is igazolható különbséget. A 2. táblázaton jól látható, hogy az etetés hatására hogyan emelkedik a tápanyagok koncentrációja a vízben. Az akvapóniás rendszereket csapvízzel kevert halas rendszervízzel töltöttem fel és a kezdeti állapotot is megmértem (február 6.). A nitrit szintje enyhébb emelkedést mutat, a nitrát koncentráció sokkal magasabb értékeket ért el a kísérlet végére. A kísérlet folyamán jól kirajzolódott, hogyan kerül tápanyag az akvapónia rendszerbe a halak etetése révén. Az a körülmény, hogy részben használt vizet és használt agyaggyöngyöt alkalmaztunk, hozzájárult a nitrifikáció gyors megindulásához. Jól látható a táblázaton, hogy az ammónia és a nitrit csak kis mértékben emelkedett, addig a nitrát mindkét rendszerben szépen megemelkedett a bakteriális tevékenység hatására. A kontrol (hemoglobin) tápos rendszerben a nitrát valamivel magasabb koncentrációban volt jelen a kísérlet végeztére. Ugyanez igaz a foszfát koncentrációra is. Ez utóbbi különbség valószínűleg a magasabb arányban fogyasztott állati fehérjének köszönhető. A különböző tápanyagok koncentrációjának változása tekintetében kapott eredmények egybevágóak a Kondacs (2020) által kimutatott eredményekkel.

mg/l	Kezelés	06.febr	20.febr	06.márc	20.márc
NH₄	Hemoglobin	0,1	0,2	0,5	0,5
	Mustár	0,1	0,2	0,3	0,3
NO₂	Hemoglobin	0,11	0,27	0,5	0,5
	Mustár	0,11	0,25	0,5	0,5
NO₃	Hemoglobin	4	25,5	32,4	45,8
	Mustár	4	22,4	28,9	40,5
PO₄	Hemoglobin	0,8	0,9	1,1	3
	Mustár	0,8	0,8	0,9	2,5

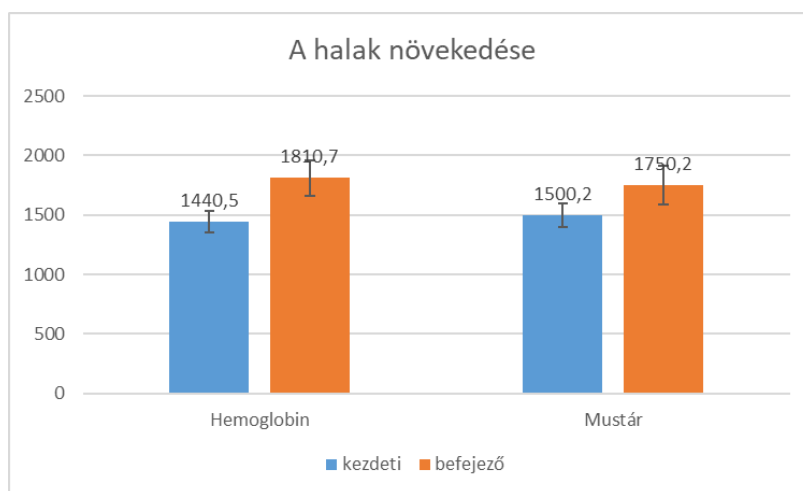
2. táblázat A tápanyagok koncentrációjának változása a kísérlet során

A nitrifikáció mellett fontos tényező még az akvapónia rendszerbe a halürülékből származó szerves anyagok mineralizációja is. Ez történhet aerob és anaerob módon is. A kísérleti akvapónia rendszerben nem történt meg a szilárd fázis eltávolítása (így a tápanyagok részleges kivonása) a rendszerből. A szilárd részecskék (halürülék, meg nem evett takarmány) a növénynevelő tálcába juthattak és itt az említett módon bomlásnak indulhattak. A

termesztőtálca folyamatos állandó vízszinttel működött, melyben így a vízszint alatt anaerob, felette pedig aerob mineralizáció megindulása valószínűsíthető. Az anaerob mineralizáció, annak ellenére, hogy több toxikus metabolitot is létrehoz, ammónia-többletet is eredményez, mely pozitívan hathat a nitrifikáló baktériumok tevékenységére is (Goddeck és mtsai, 2016)

A hal növekedése tekintetében elmondható, hogy kontrol tápot fogyasztó csoport átlagosan jobb eredményt ért el a növekedésben a kísérleti csoporttal szemben, azonban szignifikáns különbséget nem sikerült kimutatni statisztikailag. (1.ábra). A mustár pellet tehát nem rontotta számottevően a halak növekedését. Hossain és mtsai (2013) kimutatták, hogy fehér busa (*Hypthalmichthys molitrix*) és reba (*Cirrhinus reba*) növekedése erőteljesebb mustárpogácsa etetése során. Ezzel szemben Hertrampf és mtsai (2000) kimutatták, hogy rohu (*Labeo rohita*) esetén májdeformáció és citoplazmózis tapasztalható 30%-os mustárpogácsa bekeverés esetén, melynek oka a magas glükozinolát koncentráció volt.

Érdekes megfigyelés, hogy a kísérlet első 5-6 napjában a halak eleinte vonakodva fogadták el a mustár-pelletes tápot, mely ellenállás a továbbiakban megszűnt és ugyanúgy fogyasztották, mint a kontrol tápot. Ez a körülmény feltételezhetően közrejátszhatott az eredmények alakulásában az eltérő összetétel mellett. A mustáros táp rosszabb elfogadásának oka valószínűleg annak kissé kesernyés-csípős íze, melyet a tannin és egyéb bioaktív anyagok okoznak, és más állatfajok tekintetében is tapasztalható ez a jelenség (Tripathy és mtsai, 2008).

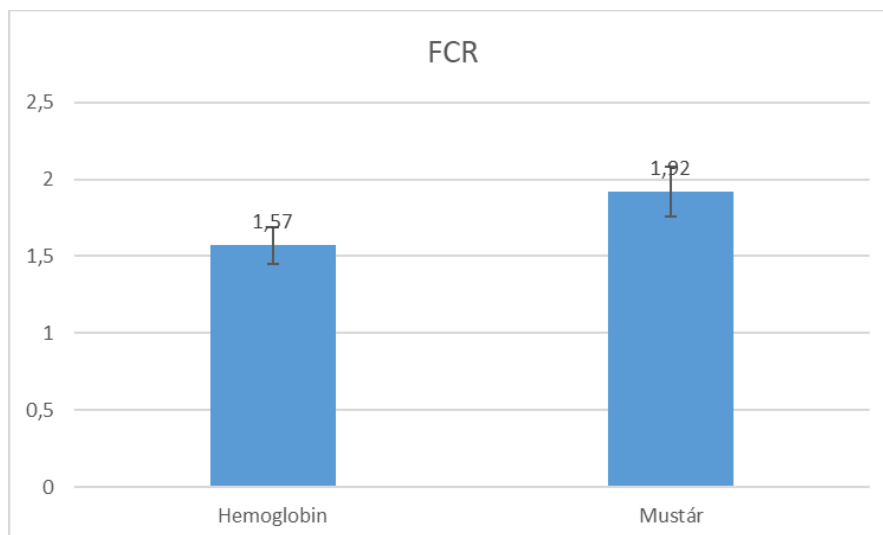


1. ábra: halak növekedésének eredményei

A takarmányértékesítést tekintve is hasonló eredményeket kaptam (2.ábra). A kísérleti táp rosszabb arányban hasznosult, mint a kontrol. Közel azonos takarmánymennyiség etetése mellett a kontrol csoport jobb eredményt ért el, de ez nem számottevő. A mustár valamelyest rontotta az FCR értéket. Ez feltételezhetően szintén visszavezethető a kezdeti alacsony fogyasztásra. Sajnos a kezdeti el nem fogyasztott takarmány mértékét nem tudtam meghatározni.

A növényi fehérjék alkalmazása a haltápokban általában hatással van a takarmányértékesítésre. Soltan és mtsai (2008) kevert növényi fehérjével helyettesített a hallisztet 0 és 100 % között fokozatosan. Kimutatták, hogy a takarmányértékesítés egyenes arányban romlott a növényi fehérje arányának növekedésével 1,5 és 2,17 értékek között.

Sezgin és Aydin (2021) a pontytakarmányban a szintén általánosan használt szójafehérjét helyettesítette tökmag olajpogácsával. Eredményeik alapján a tökmagpogácsa jelentős mértékben javította a pontyok teljesítményét és takarmányértékesítő képességét is.

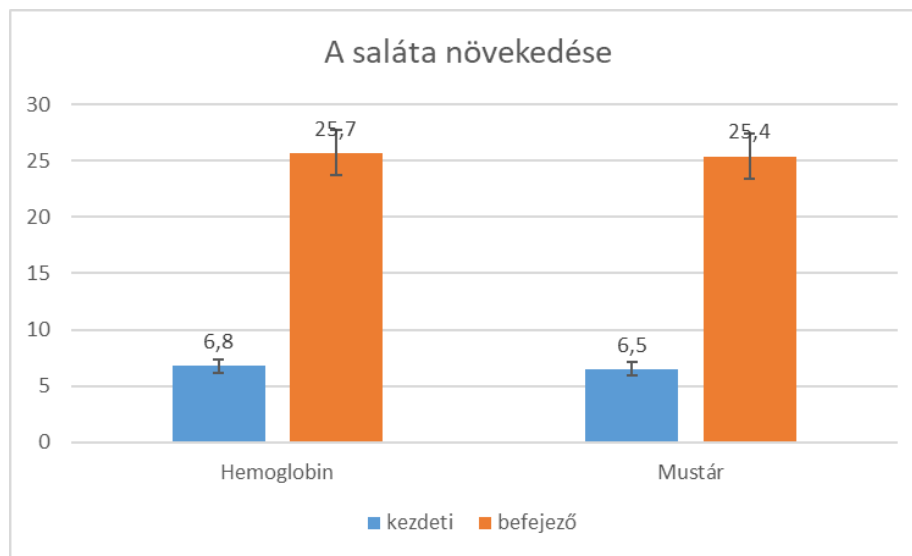


2. ábra A halak takarmányértékesítő képessége

A saláta az egyik legjobban nevelhető növény az akvapóniában. Ennek okai, hogy gyorsan fejlődik, nincs különleges igénye a tápanyagokra és emellett általában jól értékesíthető Yang és Kim, 2020).

A kísérlet során átlagosan 6 cm (gyökérnyaktól felfele mérve) magasságú 4-leveles palánták kerültek kiültetésre, melyek a kísérlet végére átlagosan 25 cm hosszúságúra növekedtek (3.ábra). Statisztikailag igazolható különbséget a két csoport növényeinek növekedésében nem lehetett kimutatni. Sajnos a kísérlet folyamán a körülmények nem voltak a legoptimálisabbak a

növények számára. Az üvegház levegőjének a hőmérséklete sokszor ingadozott, mert a kiegészítő fűtésrendszert a magas energiaárak miatt nem lehetett üzemeltetni. A növények megnyúltak és nem indult be a saláta fejedése. Ettől függetlenül egyik csoport növényein sem volt tapasztalható semmilyen hiánybetegség tünete.



3. ábra A saláta növekedése a kísérlet során

Saláta nevelése akvapónia rendszerben a klasszikus hidropóniás termesztéshez viszonyítva sokkal fenntarthatóbb és bizonyos esetekben produktívabb is. A két rendszert összehasonlítva Nozzi és mtsai (2018) arra a megállapításra jutottak, hogy akvapónia rendszerben nagyobb saláta biomassza mennyiség állítható elő, mint mesterséges tápanyagokkal működő hidropónia rendszerben. Az akvapóniás saláta klorofill tartalma magasabb, nitrát tartalma pedig alacsonyabb volt a mesterséges rendszerben nevelthez képest.

Többféle növényt (paradicsom, bazsalikom és saláta) vizsgálva akvapónia és hidropónia összehasonlításában szintén elmondható, hogy amíg a bazsalikom és a paradicsom hozama és minőségi tulajdonságai elmaradnak a hidropóniához képest, addig a saláta tekintetében nem mutatható ki különbség a két rendszer között (Yang és Kim, 2020).

6. Következtetések és javaslatok

A kísérletek eredményeiből az alábbi következtetések vonhatók le: A mustár olajpogácsa alkalmas halliszt részleges helyettesítésére, azonban összehasonlítva sertés hemoglobin porral, kicsit rontja a halak teljesítményét.

Elmondható, hogy a mustár olajpogácsa egy fenntartható alternatívája lehet a hallisztnek a haltakarmányokban akár akvapóniás, akár tógazdasági vagy pedig recirkulációs intenzív termelés során. A bekeverési arányoknál azonban mindenképpen szem előtt kell tartani az antinutritív anyagok koncentrációját és a termék jellegzetes ízét.

A mustár olajpogácsa etetése a kísérlet folyamán nem volt szignifikáns hatással a vízkémiai paraméterekre.

A pontosabb eredmények érdekében további vizsgálatok elengedhetetlenek. Mindenképpen javaslom további kísérletek kivitelezését annak érdekében, hogy szélesebb körű ismeretek álljanak rendelkezésre a témában. Fontos lenne során hosszabb távon, több koncentrációban és többféle növény használatával is kísérleteket beállítani, valamint emészthetőségi, további vízkémiai és halhús minőségi vizsgálatokat is elvégezni.

7. Összefoglalás

A klasszikus akvapónia egy fenntartható és erőforrás-hatékony termelési rendszer, melyben egyszerűen megfogalmazva a halas rendszer (Recirculated Aquaculture System - RAS) tápanyagdús vize egy talajnélküli integrált növénytermesztő egységen átáramolva megtisztul, miközben tápanyagot szolgáltat a növények számára. Az akvapónia környezetbarát mivolta elvitathatatlan, mégis jelentős hátrányokkal rendelkezik egy professzionális RAS vagy hidropóniás rendszerrel szemben hatékonyságát tekintve. Ilyen hátrányok lehetnek pl. tápanyaghiányok. A fő ok, hogy az egyes elemek nagyon kis mennyiségben vannak csak jelen a halak takarmányában, így kis mértékben tudnak csak bekerülni az akvapóniás rendszerbe. A halak takarmányozását teljes értékű táppal lehet megoldani, mely használatával annak halliszt tartalma miatt kevésbé érvényesül a fenntarthatóság. Ez azonban kiküszöbölhető olyan alternatív fehérjeforrással, mely alkalmas lehet a halliszt kiváltására, ezáltal jó teljesítményt eredményez a halaknál és egyes szükséges mikro és mezelemeket is képes lehet pótolni a növények számára.

Ennek egyik lehetséges megoldása a mustár olajpogácsa por lehet, melynek haltakarmányokban való használatára vonatkozóan csak korlátozottan állnak rendelkezésre tudományos eredmények.

Szakkolgozati kutatásom célkitűzései:

1. A vizsgálatom elsődleges célja az volt, hogy az akvapóniás rendszer működési elvébe mélyebb betekintést nyerhessek, illetve megismerhessem az általa kínált lehetőségek körét.

2. Alapvetően az új tápanyagforrásként alkalmazott mustármag olajpogácsa hatásaira mind a halak mind a növények szempontjából. Gyorsabb növekedés érhetünk-e el vele. Ki válthatja-e az akvapóniás rendszerben hagyományosan használt trágyákat.

A kísérlet rövid bemutatása:

A célkitűzések elérése érdekében kísérletet végeztem a MATE Alkalmazott Halbiológia Tanszékén és a Mozgáskorlátozottak Somogy Megyei Egyesületének Napsugár Akvapóniás Központjában. Egy kontroll és egy kísérleti tápot készítettem. Kontroll tápként a Kondacs (2020) által akvapóniában alkalmazott sertés hemoglobinnal kiegészített, míg kísérleti tápként

mustár olajpogácsa kiegészítésű tápok gyártottunk. A két táp fehérje, zsír és energiatartalma megegyezett.

Egy etetési kísérletet végeztem az MSME Akvapóniás központjában két különálló akvapónia rendszerbe 10-10 db 1500 g átlagsúlyú pontyot telepítettem és a termesztőközegbe 25-25 db 4-leveles saláta palántát ültettem. A halak súlyát, hosszát, valamint a salátákat a kísérlet kezdetekor és befejezésekor lemértem. A halak etetése ad libitum történt naponta kétszer. Regisztráltam a takarmányfogyasztást, ezekből takarmány együtthatót számítottam, valamint vízminőségi paramétereket mértem: NH_4 , NO_2 , NO_3 , PO_4 . A kapott adatokat független kétmintás T-próba segítségével hasonlítottam össze SPSS statisztikai program segítségével.

Eredmények bemutatása:

A kontrol és kísérleti csoport között nem sikerült kimutatni statisztikailag is igazolható különbséget. A vízminőségi paramétereknél az a körülmény, hogy részben használt vizet és használt agyaggyöngyöt alkalmaztunk, hozzájárult a nitrifikáció gyors megindulásához. A méréseknél jól látható, hogy az ammónia és a nitrit csak kis mértékben emelkedett, addig a nitrát mindkét rendszerben szépen megemelkedett a bakteriális tevékenység hatására. A kontrol (hemoglobin) tápos rendszerben a nitrát és a foszfát valamivel magasabb koncentrációban volt jelen a kísérlet végeztére. Ez valószínűleg a magasabb arányban fogyasztott állati fehérjének köszönhető, azonban ez a különbség statisztikailag nem volt szignifikánsan kimutatható, tehát a mustár pellet nem rontotta számottevően a halak növekedését.

A takarmányértékesítésnél is hasonló eredményeket kaptam. A mustár valamelyest rontotta az FCR értékeket, de ez feltételezhetően a kísérlet első 5-6 napjában történt alacsony fogyasztásra vezethető vissza, ami a későbbiekben megszűnt. A kiültetett átlag 6 cm magasságú saláták a kísérlet végére átlagosan 25 cm hosszúságúra növekedtek mindkét csoportnál. Statisztikailag igazolható különbséget a két csoport növényeinek növekedésében nem lehetett kimutatni. Egyik csoport növényein sem volt tapasztalható hiánybetegség.

A kísérlet eredményeiből az alábbi következtetések vonhatók le:

A mustár olajpogácsa alkalmas halliszt részleges helyettesítésére, azonban összehasonlítva sertés hemoglobin porral, kicsit rontja a halak teljesítményét.

Elmondható, hogy a mustár olajpogácsa egy fenntartható alternatívája lehet a hallisznak a haltakarmányokban akár akvapóniás, akár tógazdasági vagy pedig recirkulációs intenzív

termelés során. A bekeverési arányoknál azonban mindenképpen szem előtt kell tartani az antinutritív anyagok koncentrációját és a termék jellegzetes ízét

A mustár olajpogácsa etetése nincs szignifikáns hatással a vízkémiai paraméterekre. A pontosabb eredmények érdekében további vizsgálatok elengedhetetlenek. A pontosabb eredmények érdekében mindenképpen javaslom további kísérletek kivitelezését, melyek során hosszabb távon, több koncentrációban és többféle növény használatával is érdemes dolgozni, valamint emészthetőségi, további vízkémiai és halhús minőségi vizsgálatokat is elvégezni.

8. Köszönetnyilvánítás

Szeretnék köszönetet mondani Dr. Varga Dánielnek, aki mind szakmai tudásával mind konzulensi támogatásával nagyon sokat segített abban, hogy elkészíthessem a diploma munkám.

Köszönet illeti a MATE Alkalmazott Halbiológia Tanszékét és a Mozgáskorlátozottak Somogy Megyei Egyesületének Napsugár Akvapóniás Központját, mely helyet biztosított a kísérlet lebonyolítására, illetve az ott dolgozókat, kik segítségével hozzájárultak a rendszer összeállításához.

Továbbá köszönet Dr. Molnár Tamás Gergely tanszékvezetőnek, aki a megváltozott körülmények végett elvállalta későbbi konzulensi képviselőmet.

9. Irodalom jegyzék

Devi NS, Devi, VW (2011) Nutrient Analysis of Some Poultry Feedstuffs Locally Available in Manipur, India, *World J Dairy Food Sci*, 6(2) (2011) 136 – 139.

Frei, M., Becker, K. (2005). “Integrated Rice-fish Culture: Coupled Production Saves Resources”. *Natural Resources Forum*. (Online article).
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1477-8947.2005.00122.x/pdf>. p. 136

Goddek, S.; Schmautz, Z.; Scott, B.; Delaide, B.; Keesman, K.J.; Wuertz, S.; Junge, R. The Effect of Anaerobic and Aerobic Fish Sludge Supernatant on Hydroponic Lettuce. *Agronomy* **2016**, 6, 37. <https://doi.org/10.3390/agronomy6020037>

Hertrampf JW, Piedad-Pascual F, (2000) *Handbook on Ingredients for Aquaculture Feeds*, (Kluwer Academic Publishers. Netherland), 465. 23

Hossain MDI, Ahme S, Reza MDS, Hossain MDY, Islam MN, Ara J & Islam R, (2013) Effects of organic fertilizer and supplementary feeds on growth performance of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) and bata (*Cirrhinus reba*) fry in nursery ponds, *Int J Res Appl Nat Soc Sci*, 1(2): 117 – 124.

Mejia LA, GRAS Notification for Cruciferin-Rich and Napin-Rich Protein Isolates Derived from Canola/Rapeseed (Puratein® and Supertein™), (GRAS Notice (GRN) No. 327), 2010.

Naczki M & Shahidi F, (1992) Phenolic constituents in rapeseed, In: *Plant Polyphenols: Synthesis, Properties, Significance*, edited by Hemingway RW, Laks PE & Branham SJ, (Plenum press, New York), 1992, 895 – 910.

- Nozzi, V.; Graber, A.; Schmautz, Z.; Mathis, A.; Junge, R. Nutrient Management in Aquaponics: Comparison of Three Approaches for Cultivating Lettuce, Mint and Mushroom Herb. *Agronomy* **2018**, *8*, 27. <https://doi.org/10.3390/agronomy8030027>
- Rakocy, J.E., Masser, M.P., and Losordo, T.M. (2006): Recirculating Aquaculture Tank Production Systems: Aquaponics—Integrating Fish and Plant Culture. SRAC. 545.
- Rakocy, J.E., D.S. Bailey, J.M. Martin and R. C. Shultz. 2000. Tilapia production systems for the Lesser Antilles and other resource-limited, tropical areas. pp. 651-662. In: K. Fitzsimmons and J. Carvalho Filho (Eds.). *Tilapia Aquaculture in the 21st Century: Proceedings from the Fifth International Symposium on Tilapia in Aquaculture*, Rio de Janeiro, Brazil.
- Rakocy, J.E., Shultz, R.C., Bailey, D.S. and Thoman, E.S. 2004. Aquaponic production of tilapia and basil: comparing a batch and staggered cropping system. *Acta Horticulturae* (ISHS) 648:63-69. (http://www.actahort.org/books/648/648_8.htm)
- Resh, H.M. 1995. *Hydroponic food production*. Woodbridge Press Publishing Company, Santa Barbara, California.
- Sezgin, A, Aydın, B. (2021) Effect of replacing dietary soybean meal with pumpkin (*Cucurbita pepo*) seed cake on growth, feed utilization, haematological parameters and fatty acid composition of mirror carp (*Cyprinus carpio*). *Aquaculture Research*.
- Sinemus, M. (2012): *Aquaponics in developing countries*. University of Pittsburgh, Swanson School of Engineering. <http://www.pitt.edu/~mls174/wa3.pdf>

Soltan, M.A., Hanafy MA, M.I.A.Wafa (2008) Effect of Replacing Fish Meal by a Mixture of Different Plant Protein Sources in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) Diets. *Global Veterinaria* 2 (4): 157-164.

Tripathi MK, Mishra AS, Misra AK, Prasad R, Mondal D & Jakhmola RC. (2003): Effect of graded levels of high glucosinilate mustard (*brassica juncea*) meal inclusion on nutrient utilisation, growth performance, organ weight, and carcass composition of growing rabbits, *World Rabbit Sci*, 11: 211–226.

Ullah MS, Islam MS, Islam MA & Haque T, Effects of organic manures and chemical fertilizers on the yield of brinjal and soil properties, *J Bangladesh Agr U*, 6(2) (2008) 271–276.

Váradí L., Bardócz T. (szerk) (2006): A Fenntartható akvakultúra kézikönyve
(http://www.haki.hu/tartalom/SUSTAIN0906/SustainAqua%20handbook_HU.pdf)

Yang, T Hye-Ji Kim,(2020): Comparisons of nitrogen and phosphorus mass balance for tomato-, basil-, and lettuce-based aquaponic and hydroponic systems, *Journal of Cleaner Production*, 274. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122619>.

<http://www.backyardaquaponics.com/>

NYILATKOZAT

A szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Bugovics Eliza
A Hallgató Neptun kódja: B004PO
A dolgozat címe: Tápanyagforgalom optimalizációja akvapónia rendszerekben
A megjelenés éve: 2023
A konzulens tanszék neve: Alkalmazott Halbiológiai Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat¹ egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, s az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a Záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkor szellemi tulajdonkezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe.

Kelt: 2023 év 05 hó 02 nap

Bugovics Eliza
Hallgató aláírása

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

KONZULTÁCIÓS NYILATKOZAT

Bugovics Eliza (hallgató Neptun azonosítója: B004PO) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot¹ áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védeésre javaslom / nem javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*3}

Kelt: 2023. év 05. hó 02. nap



Dr. Molnár Tamás
Belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő aláhúzendő.

³ A megfelelő aláhúzendő.