



Fakulta rybnářství
a ochrany vod
Faculty of Fisheries
and Protection
of Waters

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice



Fakulta rybnářství
a ochrany vod
Faculty of Fisheries
and Protection
of Waters

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

Využití biofloc technologie v intenzivní akvakultuře

R. Lunda, V. Stejskal, M. Prokešová, J. Mráz



ISBN 978-80-7514-130-9





Fakulta rybnářství
a ochrany vod
Faculty of Fisheries
and Protection
of Waters

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

Využití biofloc technologie v intenzivní akvakultuře

R. Lunda, V. Stejskal, M. Prokešová, J. Mráz

Vodňany



EVROPSKÁ UNIE
Evropský námořní a rybářský fond
Operační program Rybářství

Příprava a vydání publikace byly uskutečněny v rámci

Operačního programu Rybářství 2014–2020:

Projekt Technologie V, reg. č. CZ.10.5.109/5.2/4.0/19_014/0000897

byl spolufinancován Evropskou unií

Obsahová část publikace byla zpracována

za finanční podpory následujících projektů:

*NAZV QJ1510119 Efektivní a dlouhodobě udržitelné využívání živin
v intenzivní akvakultuře s využitím multitrofických systémů – 95 %*

*MŠMT – Jihočeské výzkumné centrum akvakultury a biodiverzity hydrocenóz
(OPVaVpl, CZ.1.05/2.1.00/01.0024) – 5%*



č. 173

ISBN 978-80-7514-130-9

OBSAH

1.	ÚVOD DO PROBLEMATIKY	7
2.	CÍL	20
3.	MÍSTO OVĚŘENÍ TECHNOLOGIE	20
4.	POPIS TECHNOLOGIE A VÝSLEDKY	20
5.	EKONOMICKÝ PŘÍNOS	37
6.	UPLATNĚNÍ TECHNOLOGIE V PRAXI	42
7.	SEZNAM LITERATURY	42

1. ÚVOD DO PROBLEMATIKY

Populace lidí na Zemi se stále zvyšuje. Do roku 2050 je odhadován nárůst o další dvě miliardy. Celkový počet by tak vzrostl na 9,6 miliard obyvatel. V současnosti však více než 800 milionů lidí trpí podvýživou. Obrovskou výzvou je proto zajištění obživy při zachování přírodních zdrojů budoucím generacím. Akvakultura hraje v této souvislosti klíčovou roli v boji proti hladu, podpoře zdraví a snižování chudoby. Sektor akvakultury poskytuje práci desítkám milionů a podporuje živobytí stovek milionů lidí. Ryba je stále jednou z nejvíce obchodovaných potravinových komodit po celém světě. Akvakultura je významná zejména pro rozvojové země, kde činí mnohdy polovinu celkové hodnoty z obchodovaných komodit. Zaměstnanost v tomto odvětví, stejně jako jeho produkce, stoupá exponenciálně (FAO, 2016).

Na druhé straně se však globální akvakultura potýká s celou řadou vážných výzev. Intenzivní akvakultura byla například označována za zdroj neudržitelné činnosti kvůli vypouštění odpadních vod (nadbytek organické hmoty, dusíkatých sloučenin, toxických metabolitů a reziduí antibiotik či chemických látek) do životního prostředí. Mezi další závažné výtky patří soutěžení o zdroje vody a půdy, introdukce exotických (nepůvodních) druhů, úniky selektovaných či geneticky modifikovaných ryb z chovných zařízení, nadměrné využívání mořských ryb k získání rybí moučky a rybího tuku, šíření patogenů, vznik genů rezistentních vůči antibiotikům apod. Dále se akvakultura musí neustále vypořádávat s dalšími problémy, jako je nedostatek surovin a cenová volatilita. Vývoj nových strategií je tedy nutný pro překonání těchto výzev. Do středu zájmu se dostávají integrované multitrofní systémy (IMTS), které využívají odpad z akvakultury pro sekundární produkci: pěstování rostlin (akvaponie), pěstování mořských řas, intenzivní klecový chov měkkýšů a korýšů, produkce mikrobiální biomasy (biofloc technologie).

Biofloc technologie (BFT) je typ akvakulturního systému, který využívá řízenou a do jisté míry kontrolovanou kulturu heterotrofních bakterií a řas. Zároveň dochází ke komplexním interakcím mezi organickou hmotou, substrátem a širokým rozsahem mikroorganismů. Emerenciano a kol. (2013) uvádějí přítomnost zástupců taxonů prvoků (Protozoa), klanonožců (Copepoda), vířníků (Rotifera), nálevníků (Ciliophora), hlístic (Nematoda) a mnoho dalších mikroorganismů a prospěšných bakterií. Toto poměrně složité společenstvo dokáže využívat odpad vzniklý chovem ryb (exkrementy, nespotřebované krmivo, zbytky uhynulých ryb a v neposlední řadě také odpadní produkty metabolismu) a přeměnit jej na zdroj přirozené potravy (Avnimelech a kol., 1986). Bakterie jako takové jsou tvořeny z velké části z bílkovin. Proto potřebují pro svůj růst asimilovat dostatek dusíku. V rybochovných zařízeních

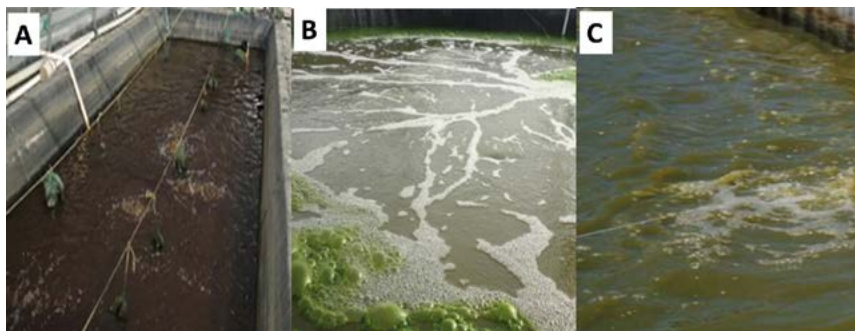
je obvykle dostatek dusíku pro tvorbu nových buněk, ale většinou je v něm nedostatek energeticky bohatých látek a uhlíku, které jsou pro heterotrofní bakterie limitujícími faktory. V takové situaci se růst mikroflóry zastaví a kultura přestává být efektivní v odčerpávání dusíkatých látek z prostředí. V BFT se do systému přidává materiál s malým obsahem proteinu a vysokým podílem organického uhlíku ve formě karbohydrátů. Tím je podpořen růst heterotrofních bakterií, které následně odčerpávají dusíkaté látky z vody pro stavbu svých těl a pomáhají tak kontrolovat kvalitu vody (Avnimelech, 2012). BFT lze rozdělit do třech základních kategorií (Obr. 1):

- a) Venkovní (*outdoor*) systém:** V rybnících či speciálně konstruovaných nádržích vystavených přirozeným podmínkám (světlo, teplota, srážky, vítr, predátoři) se vlivem přírodních podmínek množí fytoplankton (Rathore a kol., 2016). Tento typ BFT bývá nazýván „zelený biofloc“ (angl. *green biofloc*). Přítomnost fotoautotrofních mikroorganismů (*Thalassiosira*, *Chaetoceros*, *Navicula*) dává vodě v systému zelené zbarvení. Jedná se zejména o subtropické druhy mikroorganismů, neboť venkovní typ BFT nebyl testován v ČR, kde z hlediska klimatu není jeho provoz prakticky možný. Nelze proto s jistotou tvrdit, které druhy foto-autotrofních organismů se mohou vyskytovat ve venkovním BFT v podmínkách ČR. Tento typ systému poskytuje benefity v podobě fotosyntézy (obohacení kyslíkem) a využití dusíku. Během denní a noční periody (kolísání koncentrace CO₂, hodnoty pH a volného amoniaku) však dochází ke změnám fyzikálně-chemických vlastností vody (stejně jako u klasických rybníků). Crab a kol. (2012) uvádějí např. nižší využitelné obsádky pro chov krevet (200 jedinců.m⁻³) a ohrožení systému v podobě přemnožení sinic (Cyanobacteria). Doporučená obsádka ryb pro tento typ BFT je 20–25 kg.m⁻³. Vločky (shluky) se v zeleném bioflocu vyskytují ve velikosti 50–200 μm (Hargreaves, 2013).
- b) Vnitřní (*indoor*) systém:** Tento typ BFT je tvořen nádržemi umístěnými ve vnitřních prostorách bez cíleného osvětlení. Systém je označován jako „hnědý biofloc“ (angl. *brown biofloc*) pro své tmavohnědé zbarvení způsobené absencí řas a přítomností heterotrofních bakterií a mikroorganismů. Zbarvení systému se mírně liší dle druhu karbohydrátového zdroje (Avnimelech, 2007). Veškeré podmínky jsou nastaveny tak, aby docházelo k efektivnímu růstu mikrobiální biomasy, využití přítomného dusíku a optimálnímu růstu chovaných vodních organismů. Koncentrace kyslíku a promíchávání vodního sloupce je zajišťováno airlifty, optimální hodnota pH je udržována aplikací hydrogenuhličitanu sodného (NaHCO₃), zdroj energie

VYUŽITÍ BIOFLOC TECHNOLOGIE V INTENZIVNÍ AKVAKULTUŘE

pro bakterie v podobě karbohydrátů (udržování vhodného poměru C:N) a regulace nerozpuštěných látek (biomasy) pomocí jednoduché mechanické filtrace (De Schryver a kol., 2008). Avnimelech (2012) pro tento typ BFT doporučuje obsádky při chovu krevet 150–300 ks.m⁻³ a při chovu ryb 30–35 kg.m⁻³.

- c) **Vnitřní systém s přirozeným či doplňkovým osvětlením:** U tohoto systému jsou nádrže umístěné ve vnitřních prostorech s dostupným slunečním svitem (skleníky, světlovody) nebo doplňkovým osvětlením v podobě elektroluminiscenčních diod (angl. *Light-Emitting Diode* – LED) či sodíkových výbojek (angl. *High-pressure Sodium* – HPS). Tento systém je označován jako „chemoautotrofický biofloc“. Jedná se o neefektivnější typ BFT (Ju a kol., 2008), neboť kombinuje benefity zeleného a hnědého bioflocu. Doporučené obsádky pro tento typ systému jsou 350 krevet.m⁻³ (Ray a kol., 2010) a 40–45 kg ryb.m⁻³ (Avnimelech, 2012).



Obr. 1. Základní kategorie biofloc technologie (BFT) podle vzhledu kultury a složení mikrobiální biomasy A) hnědý biofloc s heterotrofními bakteriemi, B) zelený biofloc s fotoautotrofními bakteriemi, C) kombinace hnědého a zeleného BFT (Pérez-Fuentes a kol., 2016).

Faktory ovlivňující správný vývoj BFT

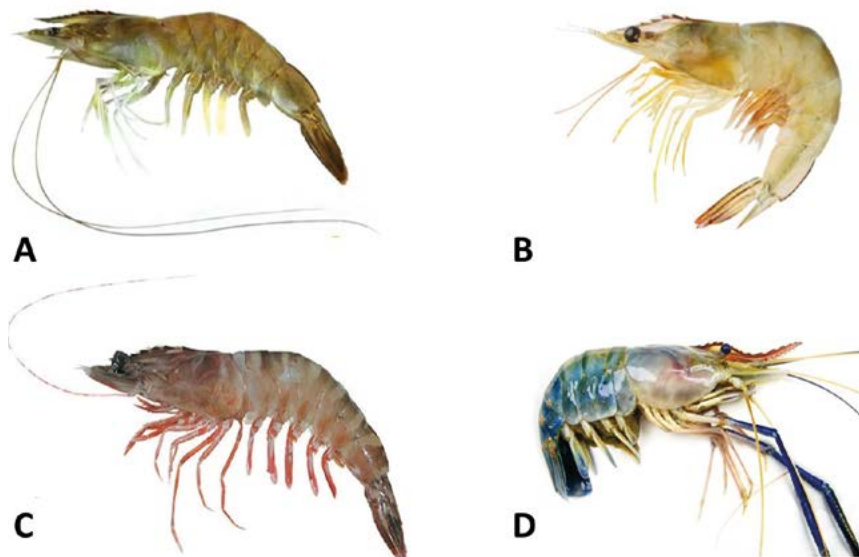
Přeměna jednoho gramu amoniakálního dusíku na heterotrofní mikrobiální biomasu vyžaduje: 4,71 g rozpuštěného kyslíku, 3,57 g alkality a 15,17 g karbohydrátů (Ebeling a kol., 2006). Tato konverze pak vyprodukuje 8,07 g mikrobiální biomasy a 9,65 g oxidu uhličitého. Rozvoj bakterií je proto nutné podpořit zamezením sedimentace a vzniku anaerobních zón např. neustálým intenzivním provzdušňováním a promícháváním vodního sloupce pomocí

vzduchovacího systému v kombinaci s vhodnou konstrukcí nádrže. Vzduchovací zařízení společně s pohybem vody dále zajišťuje požadovanou koncentraci kyslíku v nádrži (Avnimelech a kol., 1986). Dalšími faktory ovlivňujícími vývoj mikrobiální biomasy je hodnota pH a množství celkových nerozpuštěných látek přímo v rybníku nebo v nádrži (Avnimelech, 2007). Organická degradace a transformace dusíku je v nádržích s pravidelným mícháním vody účinnější než ve stojaté vodě. Promícháváním vody se zároveň zabraňuje teplotní stratifikaci, vzniku usazenin kalu a tím anaerobních zón (Avnimelech, 2012). Ačkoliv se jedná o klíčový aspekt pro funkci BFT, detailní informace k nevhodnějšímu výběru a umístění aerátoru či airliftu nejsou známy a jsou předmětem testování. BFT je systém s minimální výměnou vody, kde dochází k postupnému snižování alkality a hodnoty pH (Furtado a kol., 2011). Tomu lze zabránit aplikací 50 g jedlé sody na 1 000 g krmiva. Veškeré podmínky pro optimální chod BFT jsou shrnuty v tabulce 1.

Tab. 1. Optimální rozmezí hlavních parametrů kvality vody v BFT systémech (Avnimelech, 2012).

PARAMETR	HODNOTA
koncentrace kyslíku	> 4,0 mg.l ⁻¹ (>60 %)
hodnota pH	6,8–8,0
teplota vody	25–30 °C
celkový amoniakální dusík	<1 mg.l ⁻¹
koncentrace dusitanů	<1 mg.l ⁻¹
koncentrace dusičnanů	0,5–20 mg.l ⁻¹
alkalita	>100 mg.l ⁻¹
nerozpuštěné látky	5–15 ml.l ⁻¹ (krevety) 5–20 ml.l ⁻¹ (plůdek ryb) 20–25 ml.l ⁻¹ (juvenilní/dospělé ryby)

Začátky principu BFT se datují do počátku osmdesátých let, kdy byly využívány především pro chov krevet (Wasielecky a kol., 2006). Na obrázku 2 jsou zobrazeny sladkovodní a mořské druhy krevet vhodné pro chov v BFT.



Obr. 2. Druhy sladkovodních a mořských krevet vhodných pro chov v BFT systémech: A) *Penaeus vannamei* Boone, 1931, B) *Penaeus merguensis* De Man, 1888, C) *Penaeus monodon* Fabricius, 1798, D) *Macrobrachium rosenbergii* De Man, 1879 (IndiaBizClub).

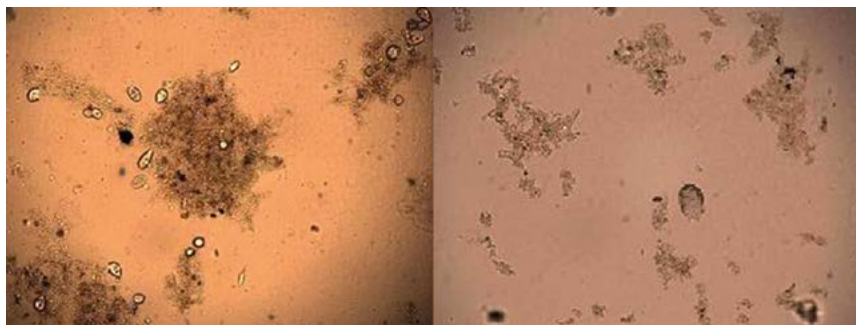
Později se BFT systém začal využívat pro chov ryb (Serfling, 2006). Technologie vedla k úsporám krmiva a výrazně zvýšila účinnost využívání vody v akvakultuře. Hmotnostní přírůstky ryb byly pozorovány i při použití krmiv s nízkým (< 30%) obsahem proteinu. Ryby zároveň vykazovaly lepší kondiční stav díky dodatečným probiotickým účinkům a sníženému stresu (Avnimelech, 2012). Ne všechny druhy ryb jsou však vhodnými kandidáty pro BFT (Choo a Caipang, 2015). Nejvhodnějšími druhy ryb pro chov v BFT jsou, zejména pro svou odolnost vůči změnám pH, poklesu kyslíku a zvýšenému množství nerozpuštěných látek, zástupci rodu *Oreochromis*. Postupně se začaly objevovat vědecké práce zkoumající chov dalších druhů ryb v BFT, u nichž byly pozorovány pozitivní účinky chovu v BFT na růst, přežití. Byl rovněž prokázán pozitivní probiotický efekt a snížení stresové zátěže. Vhodnými druhy ryb pro tento typ akvakulturních systémů jsou:

- a) tlamoun nilský, *Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758 (Azim a Little, 2008; Crab a kol., 2009; Luo a kol., 2014; Ekasari a kol., 2015; Long a kol., 2015)

- b) tlamoun modrý, *Oreochromis aureus* Steindachner, 1864 (López-Elías a kol., 2015)
- c) tlamoun mosambický, *Oreochromis mossambicus* Peters, 1852 (Day a kol., 2016)
- d) sumeček skvrnitý, *Ictalurus punctatus* Rafinesque, 1818 (Green a McEntire, 2017)
- e) karas stříbřitý, *Carassius auratus* Linnaeus, 1758 (Wang a kol., 2015)
- f) kapr obecný, *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758 (Najdegerami a kol., 2016)
- g) labeo avanské, *Labeo rohita* Hamilton, 1822 (Mahanand a kol., 2013; Ahmad a kol., 2016)
- h) keříčkovec červenolemý, *Clarias gariepinus* Burchell, 1822 (Abu Bakar a kol., 2015; Ekasari a kol., 2016; Hastuti a Subandiyono, 2016)
- i) anténovka nejpodivnější, *Rhamdia quelen* Quoy a Gaimard, 1824 (Poli a kol., 2015)
- j) sumíček Vachellův, *Pelteobagrus vachelli* Richardson, 1846 (Deng a kol., 2018)

Tvorba a složení mikrobiálních vloček

Při správném udržování poměru C:N a zajištění dostatečného přísunu kyslíku začne hustota bakterií v rybníku či nádrži stoupat. V zaběhnutém BFT systému je 10^6 – 10^9 bakterií v 1 cm^3 (Buford a kol., 2003; De Schryver a kol., 2008). Shluky mikrobiálních kolonií a ostatních vyšších organismů jsou znázorněny na obrázku 3.



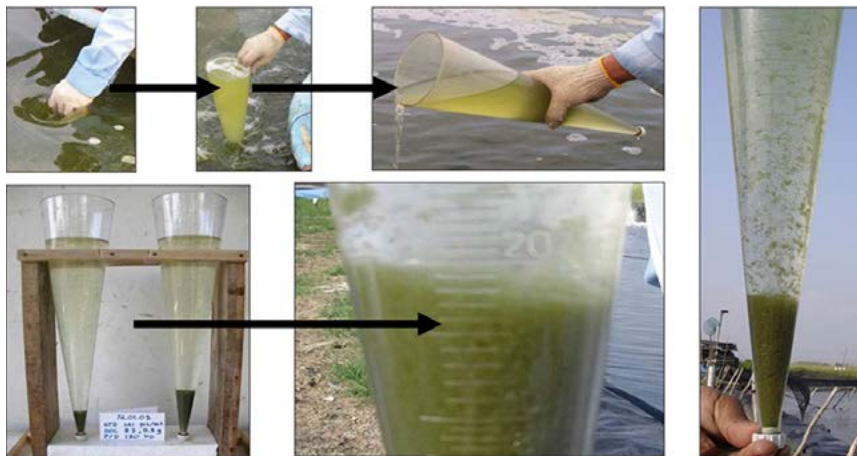
Obr. 3. Shluky mikrobiálních kolonií a mikroorganismů přítomných ve vzorku vody z BFT. Fotografie byla zachycena pomocí mikroskopu (Avnimelech, 2012).

Heterotrofní bakterie jsou mikroskopické organismy s velikostí okolo $1 \mu\text{m}$. Pokud by byly roztroušené po celé nádrži, nemohly by pro svou malou velikost

VYUŽITÍ BIOFLOC TECHNOLOGIE V INTENZIVNÍ AKVAKULTUŘE

sloužit rybám jako zdroj proteinu. Proto je potřeba zajistit podmínky tak, aby se bakterie začaly shlukovat do vloček. Mikrobiální vločky se skládají z heterogenní směsi mikroorganismů, vyšších organismů, částic organické hmoty, koloidů, organických polymerů, kationtů a odumřelých buněk (Higgins a Novak, 1997). Mnoho organismů je potaženo či dokáže vylučovat extracelulární polymery, které jsou tvořeny především polysacharidy a proteiny. Tyto látky fungují jako lepidlo a spojují jednotlivé buňky do větších shluků (De Schryver a kol., 2008). Množství nerozpuštěných látek se ve starší literatuře uvádí v mg.l^{-1} (Avnimelech, 2012). V současnosti se biomasa nerozpuštěných látek udává v ml.l^{-1} , což je praktičtější pro monitoring látek. Přítomnost a množství vloček (angl. *floc volume index* – FVI) se vyhodnocuje jednoduchou metodou použitím kalibrovaných Imhoffových kónusů. V mnoha případech jsou vločky velmi malé a těžko pozorovatelné pouhým okem. Stačí proto odebrat vzorek vody o objemu jednoho litru, přelit jej do kónusu a nechat vzorek ustálit po dobu 15–20 minut. Obrázek 4 znázorňuje postup odběru a vyhodnocení množství nerozpuštěných látek v BFT. Postupné shlukování do vloček (tzv. flokulace) je možné vidět ve vzorcích biofloc vody na obrázku 5. Vločky nepravidelného tvaru mohou dosahovat v průměru okolo 1 000 μm . Struktura je jemná a snadno stlačitelná s více jak 99% pórovitostí a propustností tekutin (Chu a Lee, 2004).

1 litr / 2 místa odběru vzorku / 15 cm pod hladinou vody



Nutné nechat vzorek ustálit (sedimentovat) 15–20 minut

Zajištění aktuální hustoty a hodnoty mikrobiální plasmy (ml.l^{-1})

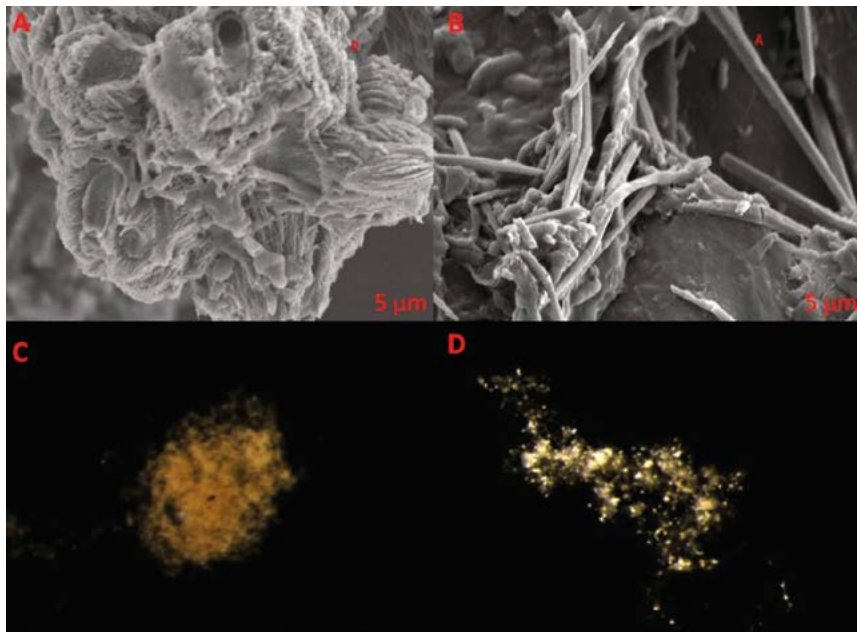
Obr. 4. Metodický postup odběru vzorku vody a vyhodnocení koncentrace nerozpuštěných látek v BFT (Schendel a kol., 2004).



Obr. 5. Imhoffovy konusy při měření množství nerozpuštěných látek a přítomnosti vloček v nádrži (Foto: R. Lunda).

Vlastní flokulace mikrobiálního společenstva je velice složitý proces. Jedná se o kombinaci fyzikálních, chemických a biologických procesů, které uvádějí celý systém do provozu. Přesné mechanismy a jednotlivé pochody zůstávají do značné míry neznámé (Hantula a Bamford, 1991). Proces vločkování lze do jisté míry ovlivnit přidáním vápníku a hořčíku. Zvýšená koncentrace těchto dvoumocných kationtů prokazuje výrazné zlepšení koagulace a pevnosti vloček (Peeters a kol., 2011). Koncentrace bivalentních kationtů je považována za důležitý faktor, jenž je odpovědný za tvorbu vloček v BFT (Sobeck a Higgins, 2002). V této oblasti však chybí více informací o tom, jak může aplikace vápníku a hořčíku ovlivnit nejen strukturu vloček, ale také celkovou kompozici mikrobiální biomasy v BFT.

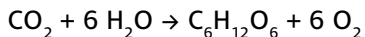
Testovaná koncentrace vápníku (400 mg.l^{-1}) ve formě chloridu vápenatého (CaCl_2) a hořčíku (800 mg.l^{-1}) ve formě hexahydrátu chloridu hořečnatého ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), kterou uvádí Luo a kol. (2013), měla vliv jak na velikost a strukturu vloček (Obr. 6.), tak na nutriční složení mikrobiální biomasy v podobě snížení proteinu (11,3 %), popelovin (4,18 %) a zvýšení polysacharidů o $12,6 \mu\text{g.g}^{-1}$ v porovnání s kontrolou, u níž koncentrace Ca^{2+} a Mg^{2+} nebyla zvýšena. V zaběhnutém systému se bakterie shlukují do vloček. Výsledné částice jsou dostupné pro některé druhy ryb a korýšů jako zdroj potravy (Avnimelech, 2006).



Obr. 6. Porovnání povrchu (A) a detailní struktury (C) vloček při testování aplikace Ca^{2+} a Mg^{2+} ve srovnání s kontrolou (B, D). Fotografie A, B pořízeny elektronovým mikroskopem (Luo a kol., 2013).

Množství dusíku a uhlíku pro BFT + optimální poměr

Heterotrofní bakterie získávají energii z organických látek, přičemž spotřebovávají kyslík a jako odpad produkují oxid uhličitý. V podstatě se jedná o jednoduchou rovnici.



Množství uhlíku slouží pro mikroorganismy jako zdroj energie. Pokud je v systému udržován vhodný poměr uhlíku a dusíku, mikroorganismy mají díky uhlíku energii pro spotřebovávání dusíkatých látek, které jsou v akvakultuře odpadem. Díky udržování tohoto poměru mohou heterotrofní bakterie vyrábět mikrobiální protein. Pro udržení poměru jsou v BFT využívána krmiva s nízkým obsahem proteinu. Pro lepší orientaci je možné nalézt v tabulce 2 porovnání krmiv s různým obsahem proteinu ve srovnání s jejich hodnotou poměru C:N (Avnimelech, 2012).

Tab. 2. Poměr uhlíku a dusíku v krmivu s různým obsahem proteinu (Avnimelech, 2012).

OBSAH PROTEINU V KRMIVU (%)	HODNOTA POMĚRU C:N
15	21,5
20	16,1
25	12,9
30	10,8
35	9,2
40	8,1

Pro zjištění hodnoty poměru C:N se v biofloc systému používá výpočet podle Avnimelecha (2012). Průměrný obsah uhlíku v běžně používaných krmných směsích je 50 %. Množství dusíku je procentuální zastoupení proteinu v použitém krmivu a ostatních směsích vynásobený koeficientem 0,155 (koeficient odpovídá průměrnému zastoupení dusíku v proteinu 15,5 %). Hodnotu C:N lze zjistit přes následující výpočet:

$$\left(M1 \times \left(\frac{P}{0,01} \right) \right) \times 0,155$$

Výpočet poměru C:N: M1, váha krmiva; M2, váha karbohydrátového substrátu; P, procentuální obsah proteinu v krmivu (Avnimelech, 2012).

Příklad 1:

Používané krmivo v BFT obsahuje 40 % proteinu.

C = 500 g.kg⁻¹. krmiva

N: Protein 400 g.kg⁻¹ krmiva, N = 62 g N.kg⁻¹ krmiva (protein × 0,155)

C:N = 500/62 = **8,1**

Příklad 2:

Ryby jsou denně krmeny 5 kg krmiva obsahujícího 30 % proteinu. Ke krmivu se přidává 4,5 kg kukuřičného škrobu.

C = (5 + 4,5) × 50 % = 4,75 kg

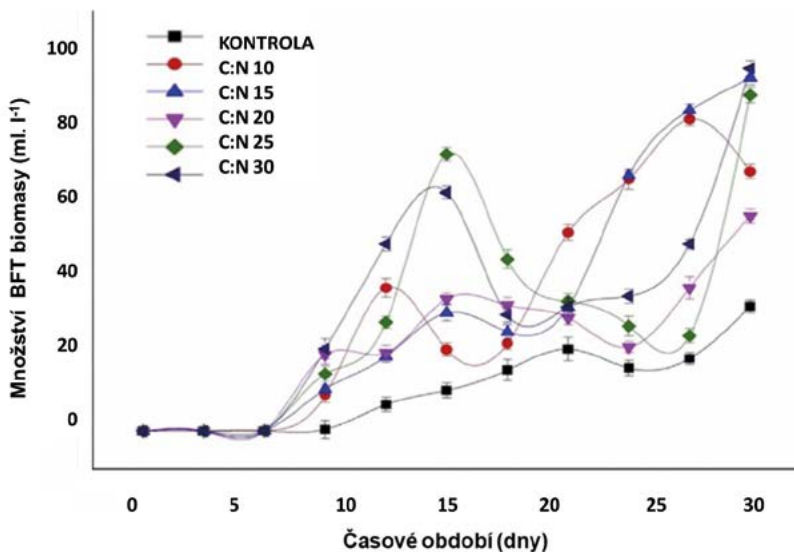
N: Protein = 5 × 30 % = 1,5 kg; N = 1,5 × 0,155 = 0,233

C:N = 4,75/0,233 = **20,4**

Poměr C:N a jeho vliv na mikrobiální společenstvo, kvalitu vody či přírůstek ryb je předmětem mnoha vědeckých studií. Abu Bakar a kol. (2015) ve své práci porovnávali celkem pět různých poměrů C:N doporučených Avnimelechem (2012). Jako uhlíkový zdroj byla použita melasa. Experiment prokázal, že při

VYUŽITÍ BIOFLOC TECHNOLOGIE V INTENZIVNÍ AKVAKULTUŘE

C:N poměru 20 dosahovaly chovné ryby keříčkovce červenolemého (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822) nejvyššího denního přírůstku (0,25 g) oproti kontrole (0,17 g). Poměr 15 vykazoval nejefektivnější využití amoniaku z BFT (98,7 %). Porovnání růstu mikrobiální biomasy v různých poměrech C:N je možné sledovat na Obrázku 7.



Obr. 7. Porovnání vývoje mikrobiální biomasy v BFT při použití zdrojů s různým poměrem C:N. Zdrojem uhlíku byla melasa a testovaným druhem byl sumeček africký (*Clarias gariepinus*) krmený 2% denní krmnou dávkou. Bylo použito krmivo s obsahem proteinu 32–34 % (Abu Bakar a kol., 2015).

Zdroj uhlíku a jeho vliv na kvalitu BFT

Zdroj karbohydrátů (uhlíku) je obdobně jako poměr C:N předmětem mnoha diskuzí a vědeckých prací (Goldman a kol., 1987; Avnimelech a kol., 1994; Avnimelech, 1999; Asaduzzaman a kol., 2008, 2009; Kuhn a kol., 2009; Crab a kol., 2010; Ekasari a kol., 2010, 2014; Ray a Lotz, 2014; López-Elías a kol., 2015; Suita a kol., 2015; Wang a kol., 2015; Pérez-Fuentes a kol., 2016; Wei a kol., 2016; Luo a kol., 2017; Mansour a Esteban, 2017; Xu a kol., 2016; Khanjani a kol., 2017; Deng a kol., 2018). Nicméně pro podmínky ČR lze z hlediska dosavadních experimentů doporučit mouku, cukr či odpad z potravinářského průmyslu. Zdroj karbohydrátů výrazně ovlivňuje celkové složení, strukturu, barvu a nutriční hodnoty mikrobiální biomasy (Kuhn a kol.,

2009). Nejčastěji používanými či testovanými zdroji karbohydrátů pro BFT jsou: melasa, kukuřičná, pšeničná, batátová či manioková mouka, pšeničné či rýžové otruby, glycerol, glukóza, dextróza, cukr, bramborový či tapiokový škrob, čirok, chlebová strouhanka, pivovarnický odpad (mláto), rostlinná celulóza v podobě exkrementů z chovu amura bílého (*Ctenopharyngodon idella* Valenciennes, 1844), poly- β -hydroxybutyrátová kyselina (PHB) nebo octan sodný. Biofloc určený pro komerční chov krevet pochází většinou ze zemí třetího světa, kde jsou ekonomicky náročné zdroje uhlíku (glukóza, dextróza, glycerol, acetát) nedostupné. Nevýhodou levných zdrojů uhlíku (kukuřičný škrob, mouka, melasa, rýže či tapioka) je však nedokonalá rozpustnost, která může mít negativní efekt na celkovou kvalitu vody v BFT. V těchto oblastech a systémech se proto přistupuje ke kompromisu, kdy je zdroj uhlíku vybírán z hlediska ekonomické dostupnosti a přijatelnosti pro kvalitu vody. Některé zdroje, jako například otruby, přinášejí do BFT množství nestravitelných látek (vláknina či popeloviny), které ovlivňují celkovou nutriční kompozici finální biomasy. Z tohoto hlediska je doporučováno nepoužívat krmiva s vyšším obsahem popelovin. Dobře rozpustné zdroje uhlíku (glycerol, glukóza a acetát) jsou podle Crab a kol. (2010) nejefektivnější (až 98 %) k odstranění celkového amoniakálního dusíku z BFT při dodržení C:N poměru 10 a nízké koncentrace dusitanů (0,5 mg.l⁻¹).

Variabilita používaných zdrojů karbohydrátů či jejich vzájemných kombinací je tedy široká. Například Cardona a kol. (2016) poskytli první informace popisující složení mikrobiální komunity v BFT využívající cukrovou melasu z cukrové třtiny jako zdroj organického uhlíku. Dobře zvolený zdroj uhlíku může i zvýšit imunitu ryb vůči nebezpečným (oportunistickým) bakteriím. Ahmad a kol. (2016) testovali vliv různých druhů karbohydrátů na zvýšení rezistence labea avanského (*Labeo rohita* Hamilton, 1822) vůči bakterii *Aeromonas hydrophila*. Nejvyšší rezistence dosahovaly ryby chované v BFT, kde byla jako zdroj uhlíku použita tapioka. Wei a kol. (2016) uvádějí, že BFT kultura, která byla vyživována různými zdroji uhlíku (glukóza, škrob a glycerol), vykazovala odlišné nutriční složení a také mikrobiální komunity. Dobře rozpustné zdroje karbohydrátů mají pozitivní účinky na kvalitu vodního prostředí v BFT. Většina velkokapacitních BFT systémů pro chov krevet (Mexiko, Belize, Indonésie, Malajsie) ovšem nejčastěji využívá melasu či kukuřičný škrob, který má prokazatelný vliv na abundanci bakteriálního společenstva ve výsledné biomase BFT. Bakhshi a kol. (2018) prokázali pozitivní vliv kukuřičného škrobu nejen na růst mikrobiálního společenstva, ale zvláště na bakterie rodu *Lactobacillus* spp.

VYUŽITÍ BIOFLOC TECHNOLOGIE V INTENZIVNÍ AKVAKULTUŘE

Nelze však s jistotou říci, jaký poměr C:N a uhlíkový zdroj je neefektivnější pro BFT v podmínkách, ve kterých se určitý systém nachází. Ačkoliv většina dobře rozpustných uhlíkových zdrojů disponuje podobným energetickým obsahem, při aerobním metabolismu mohou v některých případech negativně ovlivnit růst bakterií v BFT. Mohou tak podpořit následnou tvorbu vloček způsobenou vlivem nedostatečného množství extracelulárních polymerů, které by podporovaly růst, a především shlukování bakterií do vloček (Rittmann a McCarty, 2001). V tomto případě je vhodné použít ke startu BFT vhodné bakteriální inokulum, například spory rodu *Bacillus* pro podporu tvorby mikrobiální biomasy (Crab a kol., 2010). Jednotlivé strategie aplikace zdroje uhlíku do BFT shrnuje Tab. 3.

Tab. 3. Strategie aplikace uhlíkového substrátu v BFT systémech.

ZDROJ UHLÍKU	STRATEGIE PŘIDÁVÁNÍ UHLÍKOVÉHO SUBSTRÁTU	REFERENCE
glukóza glycerol	uhlík přidáván denně pro dosažení C:N poměru 10	Ekasari a kol. (2010)
melasa rýžové otruby dextróza	uhlík přidáván denně pro dosažení C:N poměru 15, při dosažení 1 mg.l ⁻¹ NH ₄ ⁺ - N přídavek 6 mg uhlíku	Serra a kol. (2015)
pivovarské produkty melasa manioková mouka pšeničná mouka	uhlík přidáván denně pro dosažení C:N poměru 15, při dosažení 1 mg.l ⁻¹ NH ₄ ⁺ - N přídavek 6 mg uhlíku	Fugimura a kol. (2015)
pšeničná mouka	mouka přidávána v 20násobném množství koncentrace NH ₄ ⁺ -N pro dosažení C:N poměru 10	Mahanand a kol. (2013)
tapioková mouka	0,39 kg tapiokové mouky / kg aplikovaného krmiva s obsahem 25% proteinu, denní aplikace	Hari a kol. (2004)
melasa	melasa přidávána denně a při dosažení 1 mg.l ⁻¹ NH ₄ ⁺ - N přídavek 6 mg uhlíku	Samocha a kol. (2007)
tapiokový škrob	přídavek 0,45 a 0,9 kg tapiokového škrobu aplikován na každý kg krmiva pro zvýšení C:N poměru 15 a 20	Crab a kol. (2009)
glukóza glycerol acetát	zdroj uhlíku byl přidáván jednou denně v množství odpovídajícím poměru C:N 10	Crab a kol. (2010)
kukuřičný škrob	množství kukuřičného škrobu bylo vypočteno na základě poměru C:N v krmivu a přidáváno denně.	Zhao a kol. (2014)
acetát sodný	přidáván ve výši 75 % množství krmiva	Luo a kol. (2014)
škrob glycerol	přidáván jednou denně v množství odpovídajícím poměru C:N 15	Wei a kol. (2016)

2. CÍL

Z výše uvedených informací vyplývá, že je žádoucí poskytnout prakticky ověřené informace pro optimální nastavení chovného prostředí, úspěšnou kultivaci mikrobiální komunity a vytvoření podmínek pro agregaci těchto organismů do vloček (angl. *flocs*). Majorita zahraničních experimentů a literárních zdrojů je zaměřena na chov krevet ve venkovních BFT. Vzhledem k nízkým teplotám v zimním období na území České republiky je však zcela vyloučené aplikovat BFT technologii na rybníky. Cílem této technologie je optimalizace klasického vnitřního typu BFT v podmínkách ČR nejen pro chov ryb, ale zejména produkci mikrobiální biomasy a zapojení biofloc reaktoru jako součásti filtrační sekce recirkulačního akvakulturního systému (RAS). Technologie má uživateli či zájemci poskytnout návod na aplikaci BFT v kontrolovaném vnitřním prostředí. Vedle možnosti produkce mikrobiální biomasy má uživatel možnost aplikovat technologii pro zcela nové odvětví akvakultury v ČR – intenzivní chov krevet.

3. MÍSTO OVĚŘENÍ TECHNOLOGIE

Testování technologie bylo uskutečněno v Laboratoři výživy, Ústav akvakultury a ochrany vod (ÚAOV) Fakulty rybářství a ochrany vod Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích (FROV JU). Ověřování výsledků v praxi probíhalo v prostředí rybí farmy Anapartners, s.r.o.

4. POPIS TECHNOLOGIE A VÝSLEDKY

4.1. Materiál a metodický postup pro založení BFT systému

Výběr nádrže pro BFT systém:

Podle Avnimelecha (2012) je kruhový tvar nádrže nejhodnější z pohledu hydrauliky nádrže a mísení kultury bioflocu ve vodním sloupci. Nicméně mnoho vědeckých publikací (Azim a Little, 2008; Crab a kol., 2009; Fauji a kol., 2018) odkazuje na možné výhody využití obdélníkového tvaru (kvádr) nádrže z hlediska efektivního využití zastavěné plochy. Výška nádrže není limitující pro rozvoj a produkci bioflocu. Potřebná výška vodního sloupce není striktně dána, je pouze nutné, aby vzduchovací zařízení bylo natolik výkonné, že překoná výšku vodního sloupce ode dna, kde je umístěno vzduchovací zařízení, až po hladinu a dojde k promíchání vodního sloupce. Materiál nádrže není nijak limitovaný. U vnitřních systémů se využívají jak plastové a betonové nádrže, tak železné konstrukce s PVC folií.

Konstrukce vzduchovacího systému pro BFT:

Dostatečné množství rozpuštěného kyslíku a pohyb vody jsou základní pilíře pro úspěšné založení a provoz BFT. Dotace kapalného kyslíku prostřednictvím směšovačů je v případě BFT naprosto zbytečná a ekonomicky nevýhodná. K zajištění dokonalého promíchávání vodního sloupce jsou vhodné vzduchové elementy umístěné na dně nádrže. Vzduchovací zařízení existuje celá řada (trubkové elementy s EPDM (etylen propylen dien monomer) membránou, membránové vzduchovací disky, perforované trubky, vzduchovací kameny různého tvaru), měly by však splňovat požadavek na dostatečný rozvod vzduchových bublin a dostatečně zásobit nádrž kyslíkem, aby nikde v nádrži nevznikaly anaerobní zóny. Proto nejsou využívány některé elementy používané v klasických recirkulačních systémech (např. Venturiho trysky či U trubice). Nejčastěji se používají zatěžkané PVC či PPR trubice opatřené perforovanou vzduchovací membránou. Tyto konstrukce mohou být libovolně lepeny či svařovány do potřebných tvarů a rozměrů. Nejvhodnější je vytvořit tvar jednoduché mřížky či kříže na dně nádrže, jak tomu obvykle bývá u nádrží v čistírnách odpadních vod.

Pro efektivní pohyb a zamezení sedimentace je vhodné, aby vzduchovací elementy zasahovaly až do rohů nádrže. Pohyb vody musí být kontinuální, nicméně zbytečně velké víření či velikost vzduchových bublin může negativně ovlivňovat chování ryb v systému. Pokud je v nádržích díky airliftu vytvářen silný proud či vodní vír, ryby mohou díky neustálému pohybu vody ztratit hmotnost, protože spotřebují příliš energie k udržení své polohy ve vodním sloupci (Avnimelech, 2012).

V rozsáhlých venkovních BFT rybnících se pro pohyb vody používá lopatkový aerátor (Obr. 8). Tento způsob provzdušňování vody je však limitován potřebným počtem aerátorů ($13,7 \text{ kW}\cdot\text{ha}^{-1}$; $1 \text{ kW}\cdot 500 \text{ kg}^{-1} \text{ ryb}$; $0,1\text{--}10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-3}$), vysokou energetickou spotřebou ($0,5\text{--}1,1 \text{ kW}$) a prakticky 24hodinovým provozem (Boyd, 1998). Oproti tomu vzduchová dmychadla dokážou plně zásobovat vnitřní systémy při nižší energetické spotřebě ($0,85 \text{ kW}\cdot 25 \text{ m}^{-3}\cdot 1 \text{ m}^{-1}$ vodního sloupce a $25\text{--}40 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ obsádky ryb), u vnitřních systémů s minimální výměnou vody je však zapotřebí, aby dmychadlo bylo nepřetržitě v provozu.



Obř. 8. Lopatkový aerátor používaný zejména při chovu krevet v BFT zajiřtuje dostatečné promíchávání vodního sloupce (Avnimelech, 2012).

Typ aerace může ovlivnit také složení mikroorganismů, zejména zooplanktonu a fytoplanktonu ve vodním prostředí. Podle Lara a kol. (2017) je nejvhodnějším typem aerace pro chov krevet vzduchový difuzor ze vzduchovacích kamenů (či membránových elementů) umístěných na dně nádrže (10 cm dlouhý kámen na 1 m² a 1 m výšky vodního sloupce). Tento klasický typ aerace měl pozitivní vliv na růst mikroorganismů (prvoků, nálevníků, rozsivek, vířníků atd.) a přežití krevet oproti dále testovaným lopatkovým aerátorům (angl. *Propeller Aspirator Pump aerator* – PR) či vertikálním čerpadlům (angl. *Vertical Pump Model aerator* – VPM). Obdobně lze podle Malpartida Pasco a kol. (2018) doporučit vzduchový difuzor pro aeraci BFT, který, na rozdíl od VPM, nenaruřuje strukturu bioflocu a zajiřtuje veřkeré potřebné parametry (koncentraci kyslíku a promíchávání vodního sloupce) pro optimální chod BFT.

Start BFT systému:

Po napuřtění a vytemperování vody na 25–28 °C je nutné „nastartovat“ zejména vnitřní BFT systém. K tomu je zapotřebí učinit následující kroky: i) aplikace dusíku, ii) aplikace inokula a iii) aplikace uhlíku.

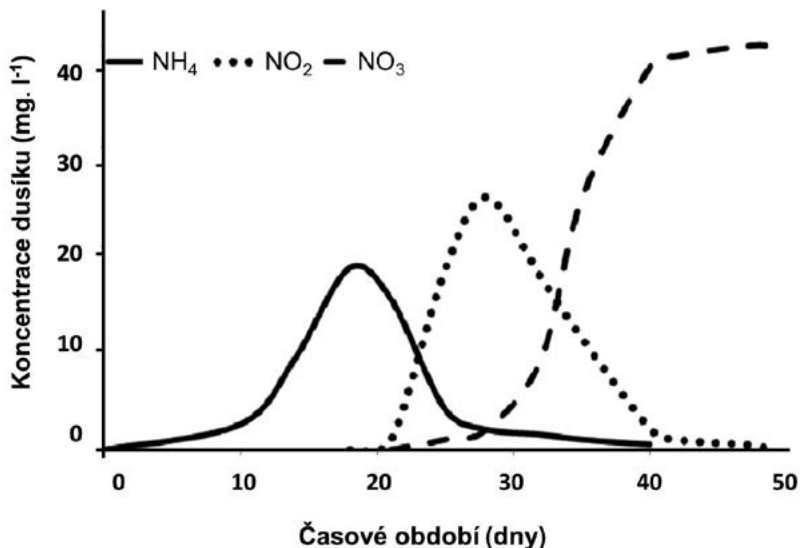
Pro dosažení počáteční koncentrace dusíku se do systému přidává močovina, krmivo bohaté na protein nebo chlorid amonný (salmiak), který je

VYUŽITÍ BIOFLOC TECHNOLOGIE V INTENZIVNÍ AKVAKULTUŘE

často využíván pro start biofiltru v RAS. Optimální dávka salmiaku pro prvotní fázi je 2 mg.l^{-1} (Fauji a kol., 2018). Pokud se jedná o vnitřní systém, je nutné ze začátku podpořit růst mikrobiální biomasy. Nejčastěji se používají molitanové mechanické filtry ze zaběhnutého rybochovného systému (bez rizika přenosu nemocí, plísní či nebezpečných organismů), jejichž obsah je možné vypresovat do systému. Crab a kol. (2009) doporučují pro „start“ použít část kalu z mechanického filtru RAS. Dále je možné aplikovat do systému speciálně produkované komerčně dostupné inokulum, které se většinou skládá z bakterií rodu *Bacillus* (*Bacillus subtilis* a *Bacillus licheniformis*) v množství 2 g.m^{-3} (Avnimelech, 2012; Fauji a kol., 2018). Případně je možné využít jako inokulum mikrořasu *Thalassiosira weissflogii* v množství $800 \text{ buněk.ml}^{-1}$ vody (Brito a kol., 2016). Zdroj karbohydrátu se vybírá podle dostupnosti a ekonomické výhodnosti suroviny, jenž se v dané lokalitě nachází. V prvotní fázi zabíhání není vhodné používat glycerol či acetát, neboť tyto zdroje uhlíku nepodporují vznik vloček v takové míře jako zdroje karbohydrátů typu kukuřičný škrob, mouka či melasa. Velmi důležité je od začátku aplikovat adekvátní množství karbohydrátů a udržovat poměr C:N větší než 10 (Avnimelech, 2007).

Základní parametry vody nutné k úspěšnému provozování BFT:

Pro udržování optimální hodnoty pH vody je doporučováno aplikovat hydrogenuhličitan sodný (jedlá soda). V první fázi „zaběhnutí systému“ dle potřeby a po umístění ryb doporučuje Hargreaves (2013) při spotřebě 1 kg krmiva aplikovat 0,25 kg jedlé sody pro udržování alkality $100\text{--}150 \text{ mg.l}^{-1}$ a pH 7,5–8,0. Nárůst množství nerozpuštěných látek ($3\text{--}5 \text{ ml.l}^{-1}$) by měl být znatelný již po 10 dnech od „nastartování“ systému. Vývoj koncentrace amoniaku, dusitanů a dusičnanů je znázorněn na obrázku 9. Po 30–50 dnech (od výše popsaného postupu) je systém zpravidla pokládán za dostatečně funkční a vodní organismy (ryby, krevety) mohou být nasazeny do systému. Množství mikrobiální biomasy musí však být větší než 5 ml.l^{-1} , aby biomasa byla schopna odčerpávat vyprodukovaný dusík ze systému. Optimální množství nerozpuštěných látek je podle Hargreaves (2013) $25\text{--}50 \text{ ml.l}^{-1}$ pro ryby a $10\text{--}15 \text{ ml.l}^{-1}$ pro krevety. Při výskytu vyšších koncentrací amoniaku či dusitanů je nutné zvýšit poměr C:N a aplikovat do systému větší množství uhlíku.



Obr. 9. Vývoj koncentrace amoniaku, dusitanů a dusičnanů (mg.l⁻¹) během 50 dnů optimální funkce BFT systému (Avnimelech, 2012).

Udržování mikrobiální biomasy v dalších fázích:

V BFT slouží mikrobiální biomasa nejen pro odčerpávání dusíku ze systému, ale také jako sekundární krmivo bohaté na mikrobiální protein s probiotickými účinky. Podle De Schryvera a kol. (2008) tvoří živé mikrobiální vločky pouze 2–20 %, zatímco celková organická hmota může být 60–70 % a celková anorganická hmota 30–40 %. Biomasa je tedy z části konzumována obsádkou, nicméně díky neustálému udržování C:N mikrobiální biomasa kontinuálně roste a její množství pak překračuje doporučené hodnoty.

Některé prvky (Fe, Mn, Cu) či nutriční složky (popeloviny a vláknina) se do systému dostávají prostřednictvím krmiva. Tyto prvky mají však tendenci kumulovat se ve staré biomase BFT. Zejména popeloviny mohou negativně ovlivňovat jak nutriční složení celkové biomasy, tak fyzikální složení vloček. Při vysokých koncentracích popelovin nedochází k pravidelnému shlukování. Měřením FVI pomocí Imhoffových kónusů většinou biomasa vyplave na hladinu. Optimální koncentrace popelovin v biomase BFT se pohybuje v rozmezí 11–13 %. Biomasu mikroorganismů je proto nutné pravidelně odčerpávat, a tím systém nutit k tvorbě stále nového společenstva. Stará biomasa může vlivem vysokých koncentrací železa způsobovat nechutenství chovaných organismů či přivodit zdravotní komplikace způsobené vysokou koncentrací těžkých kovů.

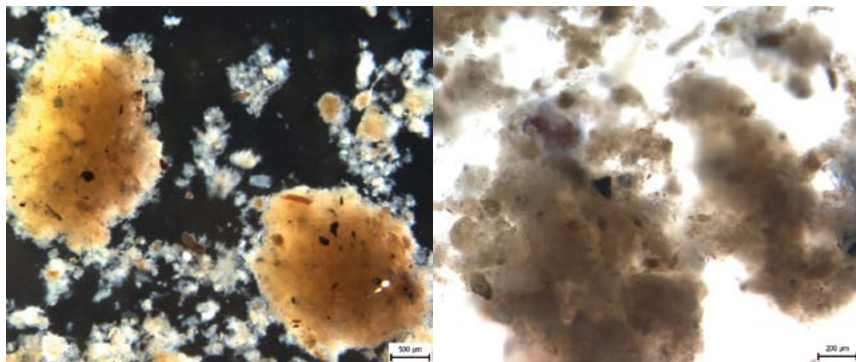
VYUŽITÍ BIOFLOC TECHNOLOGIE V INTENZIVNÍ AKVAKULTUŘE

Biomasu je zapotřebí separovat tak často, aby celý její objem nebyl starší více než 10 dní. Proto je vhodné denně odčerpávat 10 % biomasy ze systému (Hargreaves, 2013). Ke sběru biomasy ze systému lze používat dostatečně velký sedimentační kónus, do něhož je voda pravidelně čerpána. Separovaná biomasa sedimentuje v kónusu a voda zbavená výrazného množství nerozpuštěných látek je pak přivedena zpět do BFT systému. S přebytkem biomasy lze nakládat různými způsoby, mezi které patří využití biomasy v čištění odpadních vod, jako zdroje mikrobiálního proteinu, hnojiva nebo inokula pro start nového systému (van Rijn, 2013).

Prvotní experiment – start systému:

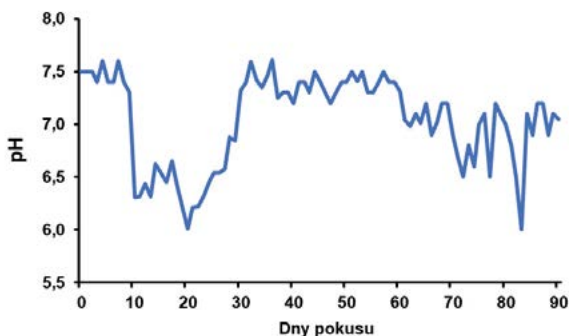
Pro podpoření rozvoje mikrobiálního společenství bylo do napuštěné nádrže o objemu 1 500 litrů přidáno 1,5 kg substrátu (staršího krmiva, které ztratilo stabilitu ve vodě) a 110 g močoviny ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$), tím byla dosažena doporučená koncentrace dusíku ($0,5\text{--}2,5 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$) pro start BFT. Avnimelech (2012) ve svém metodickém postupu uvádí aplikaci inokula, postup však neobsahuje zmínky o druhu ani koncentraci určené pro start systému. Alternativním způsobem pro podporu mikrobiálního společenstva v BFT bylo přesování molitanových filtrů z funkčního RAS. Zdrojem karbohydrátů byla pro vysoký obsah uhlíku, dobrou rozpustnost a nízkou cenu zvolena hladká pšeničná mouka. Poměr C:N 8–10 byl upravován podle výsledků výše uvedeného výpočtu (viz kapitola 1. Úvod do problematiky).

Na počátku období kultivace je vysoký poměr C:N ve vodě klíčovým faktorem pro podporu a stabilizaci heterotrofní komunity v BFT. Vysoká koncentrace uhlíku pak způsobí asimilaci vedlejších dusíkatých produktů heterotrofními bakteriemi a nahradí uhlíkovou asimilační kapacitu řas, což přispívá k růstu bakterií (Avnimelech, 1999). Fotografie čerstvých mikrobiálních shluků BFT jsou zobrazeny na obrázku 10.



Obr. 10. Fotografie čerstvého mikrobiálního shluku BFT pořízené pomocí mikroskopu s digitální kamerou (Foto: R. Lunda).

Dostatečná koncentrace kyslíku a promíchávání vodního sloupce bylo dosaženo výkonným centrálním airliftem umístěným ve středu kónického dna nádrže. Teplota vody (25 ± 2 °C) byla udržována pomocí topného tělesa (300 W). Do systému bylo po dobu 30 dní aplikováno 250 g krmiva Tilapico s obsahem proteinu 35 % (zdroj N), 12,5 g hydrogenuhličitanu sodného (úprava hodnoty pH) a 1 250 g hladké mouky (zdroj karbohydrátů). Vlivem přítomnosti proteinů se v prvních dnech (2.–8. den) začala na vodní hladině tvořit hustá pěna, která byla potlačena následným zvýšením dávky karbohydrátů. V průběhu první třetiny záběhu systému docházelo k prudkému poklesu pH (obr. 11), zejména v nočních hodinách. Změny bylo možné pozorovat i prostřednictvím sensorických vlastností, kdy systém začal zapáchat silným kyselým oděrem. V tomto období (10.–15. den) je proto nezbytný pravidelný monitoring systému a úprava pH.



Obr. 11. Průběh hodnot pH při prvotním záběhu BFT systému.

VYUŽITÍ BIOFLOC TECHNOLOGIE V INTENZIVNÍ AKVAKULTUŘE

Koncentrace celkového amoniakálního dusíku (TAN) a dusitanů (NO_2^-) byla měřena 2× týdně spektrofotometrem (340–900 nm). Nárůst koncentrace TAN byl zaznamenán pátý den od začátku experimentu a nejvyšší pík (6,85 mg.l^{-1}) byl zaznamenán 18. den pokusu. Nárůst koncentrace dusitanů ($>1 \text{ mg.l}^{-1}$) byl zaznamenán 15. den pokusu a dosáhl nejvyššího píku 28. den pokusu (15,2 mg.l^{-1}). Koncentrace TAN dosáhla optimálních hodnot 33. den pokusu ($<1,0 \text{ mg.l}^{-1}$).

Systém byl podle Emerenciana a kol. (2013) považován za „zralý“ po 30 až 50 dnech, kdy množství nerozpuštěných látek dosáhlo hodnoty 5 ml.l^{-1} (měřeno pomocí Imhoffových kónusů) a koncentrace TAN a dusitanů se nedostala nad hodnotu nevhodnou pro chov ryb (TAN – v závislosti na pH a teplotě vody nesmí výsledná hodnota NH_3 překročit koncentraci 1 mg.l^{-1} ; dusitany nesmí překročit koncentraci 2 mg.l^{-1} v závislosti na koncentraci chloridů. Ryby nemohly být umístěny do systému 30. den pokusu, neboť koncentrace dusitanů se stále pohybovala v rozmezí 5–8 mg.l^{-1} . Změny koncentrace dusitanů ($<2 \text{ mg.l}^{-1}$) byly dosaženy až 45. den pokusu pomocí opakované výměny malého objemu vody (1/8 celkového objemu). V 50. den pokusu byly do systému umístěny pokusné ryby (celkem 32 kg) – tlamoun nilský (průměrná hmotnost $300 \pm 56 \text{ g}$) rybářského podniku Rybí líheň v Tisové (Březová u Sokolova).

Pokusné ryby byly krmeny výše uvedeným krmivem (DKD 2 %), které bylo zároveň používáno jako zdroj dusíku pro zaběhnutí systému. Kromě krmiva bylo do systému aplikováno odpovídající množství hladké mouky pro poměr C:N a hydrogenuhličitanu sodného. Obsah nerozpuštěných látek byl udržován pomocí odstředivky o objemu 50 litrů (obr. 12), do níž byla voda ze systému přiváděna čerpadlem. Biomasa mikroorganismů sedimentovala v odstředivce a čistá voda byla pak odváděna zpět do nádrže trubkou umístěnou u hladiny.



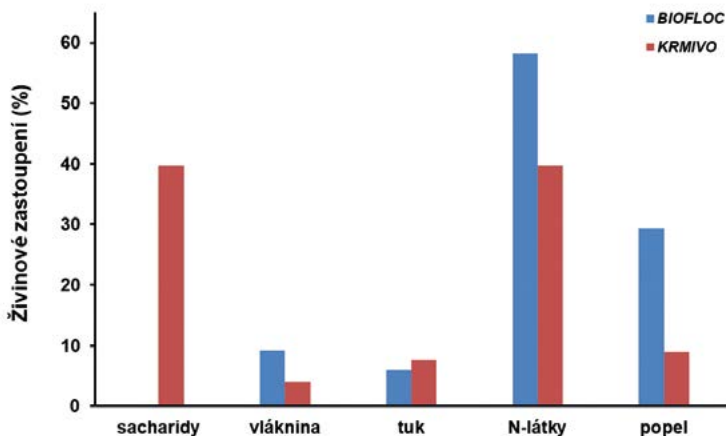
Obr. 12. Mechanická odstředivka pro separaci a snížení množství nerozpuštěných látek v BFT systému (Foto: R. Lunda).

Pokusný systém byl shledán plně funkčním v 60. dnu pokusu, kdy bylo dosaženo všech optimálních podmínek pro chov ryb. Nadbytečná biomasa byla separována 2× týdně a analyzována na živinové složení (obr. 13) a koncentraci těžkých kovů.

Většina publikací se zabývá využitím BFT pro chov mořských a sladkovodních druhů krevet, pro který byl BFT systém primárně určen. Nicméně stále více studií se zaměřuje na možnost využití BFT buď pro přímý intenzivní chov ryb se snížením nákladů oproti klasickému recirkulačnímu systému, nebo jeho využití jako součást RAS pro odčerpávání dusíku ze systému. Mnoho autorů uvádí pozitivní vliv BFT na přežití a přírůstek chovaných ryb ve srovnání s kontrolním chovem ryb v recirkulačním nebo průtočném systému, kde výhradním zdrojem živin je kompletní krmná směs.

Azim a Little (2008) testovali přírůstek a přežití polykultury tlamouna nilského a tlamouna mozambického v BFT ve srovnání s konvenčním způsobem chovu. Testované ryby z BFT vykazovaly na konci pokusu přírůstek 40,4 g oproti 27,9 g v kontrole (klasický chov v RAS). Přežití ryb nevykazovalo signifikantní rozdíly mezi těmito dvěma způsoby chovu. Krmný koeficient byl však nižší (3,51) u ryb chovaných v BFT oproti kontrole (4,97). V jejich experimentu byla zdrojem karbohydrátů pšeničná mouka. Long a kol. (2015) s použitím glukózy jako zdroje karbohydrátů dosáhli však vyšších hmotnostních přírůstků tlamouna nilského v BFT. Přírůstek byl o 13,9 g vyšší v porovnání s kontrolou. Celkový přírůstek tlamounů chovaných v BFT byl o 22 % vyšší a FCR o 18 % nižší než kontrola v klasickém chovu (Luo a kol., 2014). Najdegerami a kol. (2016) studovali vliv BFT na kaprovi obecném při použití melasy jako zdroje karbohydrátu. Experiment prokázal signifikantní rozdíly mezi kontrolou a chovem v BFT. Celkový přírůstek hmotnosti činil 26,3 g u kaprů chovaných v BFT a 22,6 g v kontrole. Deng a kol. (2018) uvádí pozitivní účinek tapiokového škrobu jako karbohydrátu na finální hmotnost sumíčka Vachellova, chovaného v BFT, kde dosáhl vyšší hmotnosti ryb (74,5 g) oproti kontrole (60,8 g). Zároveň prokázali pozitivní vliv tapiokového škrobu na složení mikrobiální biomasy BFT. Chov labea avanského s využitím tapioky jako zdroje uhlíku vedl k signifikantně nižšímu FCR (1,86) v BFT ve srovnání s kontrolou (3,08) (Mahanand a kol., 2013).

VYUŽITÍ BIOFLOC TECHNOLOGIE V INTENZIVNÍ AKVAKULTUŘE



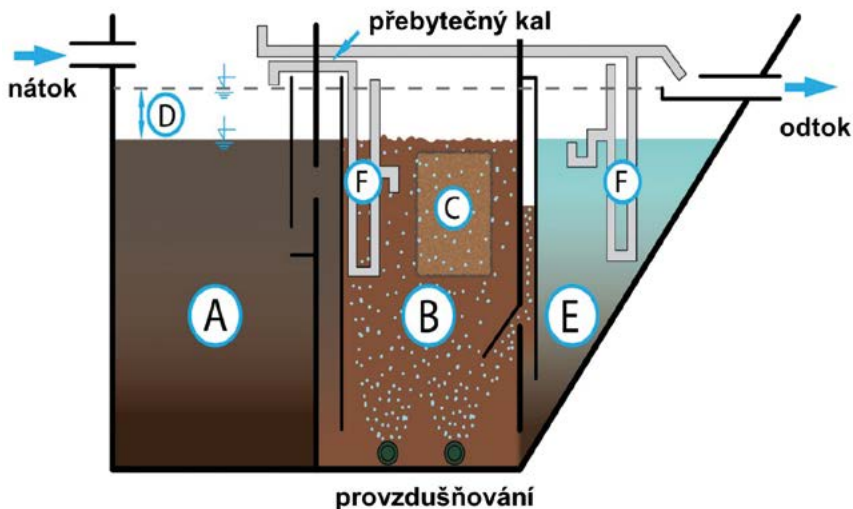
Obr. 13. Porovnání živinného složení (%) použitého krmiva a biomasy BFT.

Využití mikrobiální biomasy BFT v ČOV:

V experimentu byl použit výše popsaný BFT systém s pokusnými rybami. V systému (bioreaktoru) byly udržovány optimální podmínky pro kontinuální rozvoj biomasy, která byla testována na schopnost využití metabolického dusíku z odpadní vody RAS. Model čistírky odpadních vod (Obr. 14) byl zkonstruován podle vzoru, viz obrázek 15. Měl objem 250 l, byl vyroben z polypropylenu a osazen vzduchovacím airliftem (108 W, max. průtok vzduchu 143 l.min⁻¹).



Obr. 14. Model čistírky odpadních vod zkonstruovaný pro experimentální účely (Foto: R. Lunda).

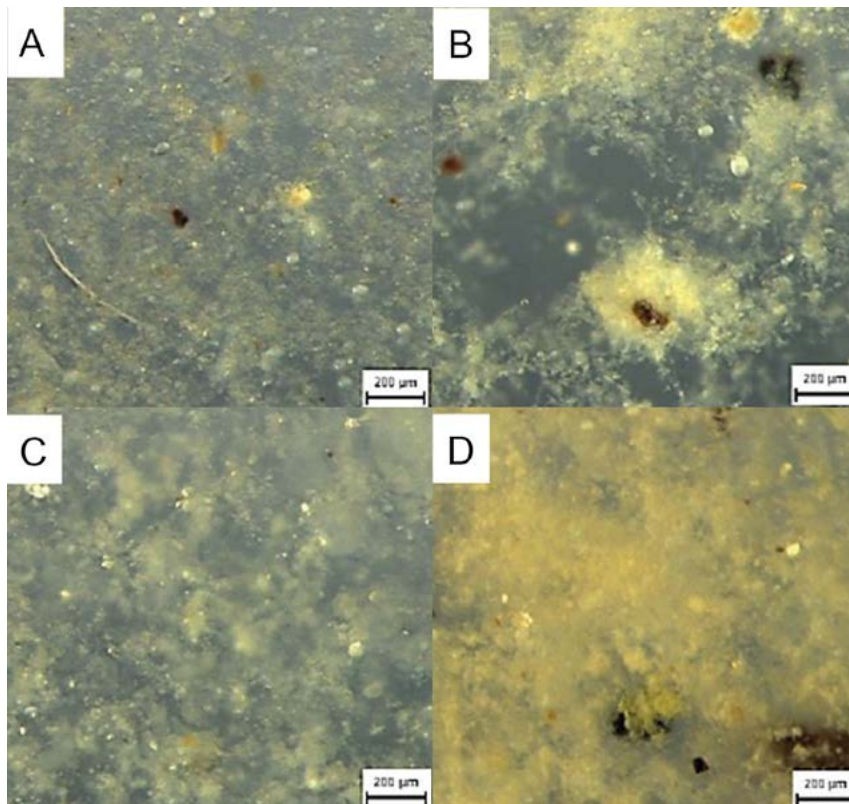


Obr. 15. Čistička odpadních vod se schématem rozmístění čisticích komor: A) usazovací a kalový prostor, B) aktivace, C) nosič biomasy, D) akumulací prostor, E) dosazovací prostor, F) mamutka, Asio (2011).

Jako aktivační bio médium (inokulum) byla použita mikrobiální biomasa z bioreaktoru BFT. Část odpadní vody z RAS (celkový objem 16 m³) byla transportována pomocí čerpadla ze zaběhlého RAS do modelové čističky odpadních vod. Systém prokázal 90–95% efektivitu při odčerpání TAN. Vstupní hodnoty TAN do ČOV byly 19,0–25,6 mg.l⁻¹ a voda, která vytékala z čističky odpadních vod, vykazovala hodnoty TAN 2,0 mg.l⁻¹.

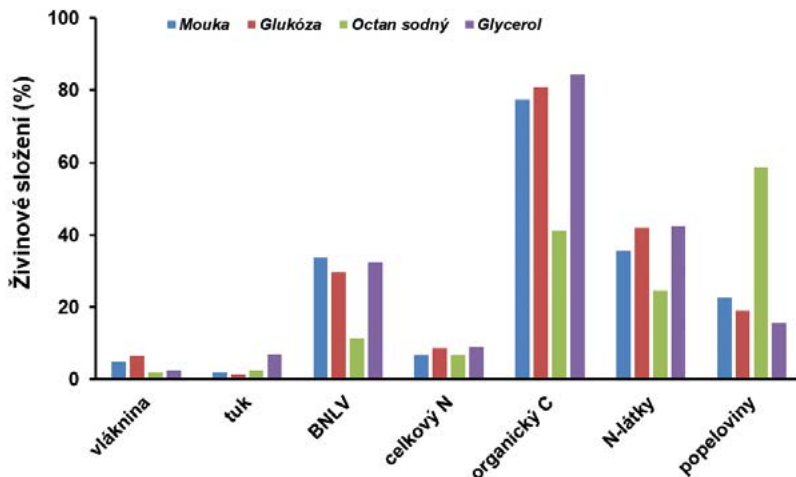
Testování a porovnání různých druhů uhlíkových substrátů:

Cílem pokusu bylo porovnání čtyř různých zdrojů uhlíku: A) pšeničné mouky, B) monohydrátu dextrózy (glukóza), C) octanu sodného a D) glycerolu. Pokus probíhal ve 12 plastových nádržích (objem 50 l). Každá nádrž byla opatřena vzduchovacím kamenem, který zajišťoval potřebnou koncentraci rozpuštěného kyslíku ve vodě. Experiment probíhal bez přítomnosti dalších akvakulturních organismů. Denní krmná dávka byla 5 g. K dosažení C:N poměru 15 bylo do pokusných skupin aplikováno: 5 g mouky, 5 g glukózy, 7 g octanu a 15 ml glycerolu. Optimální hodnota pH byla udržována díky dennímu přídávku jedlé sody v množství 1,25 g. Pokus trval celkem 28 dní a výsledky byly zaměřeny na fyzikálně-chemické změny vody, množství biomasy a strukturu vloček (Obr. 16).



Obr. 16. Porovnání struktury vloček různých uhlíkatých zdrojů: A) mouka, B) glukóza, C) octan a D) glycerol. Měřítka ve fotografii je 200 µm (Foto: P. Sadloň).

Experiment prokázal, že teplota vody a koncentrace kyslíku nebyly výrazně ovlivněny zdrojem substrátu během pokusu. Hodnota pH byla díky přidávání sody udržována v hodnotách doporučených pro BFT. Pouze substrát A (pšeničná mouka) vykazoval nejvyšší kolísání pH oproti ostatním substrátům. Zatímco substrát C (octan sodný) nebyl z hlediska fyzikálně-chemických parametrů vhodnou volbou, neboť svým složením kontinuálně okyseloval systém. Liang a kol. (2014) došli k podobnému závěru. Testované skupiny byly analyzovány na nutriční složení, aby bylo možné posoudit nejvhodnější typ substrátu z hlediska výživy ryb. Nejvyšší obsah tuků byl zaznamenán při použití glycerolu. Nejméně bezdusíkatých látek výtažkových (BNLV) a organického uhlíku bylo zaznamenáno při použití octanu sodného. Hodnoty ostatních sledovaných parametrů nebyly signifikantně rozdílné (Obr. 17).



Obr. 17. Porovnání nutričního složení testovaných uhlíkových zdrojů (Sadloň, 2017).

Užití biomasy jako krmné složky pro ryby:

V experimentu bylo použito celkem 2 700 juvenilních amurů bílých o průměrné hmotnosti $2,53 \pm 0,29$ g. Mikrobiální protein byl jako budoucí složka finálního krmiva opět získán z pokusného BFT bioreaktoru pomocí sedimentace, filtrace přes silonové pletivo uhelon (60 μ m) a následného sušení při teplotě 80 °C. Tímto způsobem vysušená hmota nevykazovala žádné negativní senzorické vlastnosti (např. zápach). Biomasa v systému neustále roste a zároveň je kontinuálně odčerpávána, není proto možné zjistit, jaký objem vzorku vody z BFT je potřebný pro získání kupříkladu 100 g suché směsi.

Po získání dostatečného množství suché směsi se vzorky smíchaly s rozšrotovaným krmivem Tilapico v poměru 25 % a 50 %. Tato suchá směs byla následně navlhčena a pomocí extrudéru (0,37 kW) byly vytvořeny nové pelety o velikosti cca 2–4 mm (Obr. 18).



Obr. 18. Výroba nových pelet pomocí studené extruze (Foto: R. Lunda).

Na začátku experimentu byly ryby rozděleny do třech skupin ($n = 33$). Každé krmivo (0, 25 a 50% podíl mikrobiální suché směsi) bylo testováno ve třech opakováních. Denní krmná dávka (3 % hmotnosti obsádky) byla vždy rozdělena na tři porce, které byly předkládány rybám třikrát denně až do konce experimentu. Výsledky krmného pokusu jsou uvedeny v tabulce 4. Mezi testovanými krmivy nebyly zjištěny signifikantní rozdíly ($p > 0,05$). Jednalo se o první krmný experiment na bázi výzkumu mikrobiální biomasy z BFT jako alternativního zdroje proteinu pro výrobu nové krmné směsi.

Tab. 4. Výsledky krmného experimentu (testování třech krmiv s 0, 25 a 50% podílem sušené mikrobiální biomasy z BFT) po 30denním odchovu juvenilního amura bílého ($p > 0,05$).

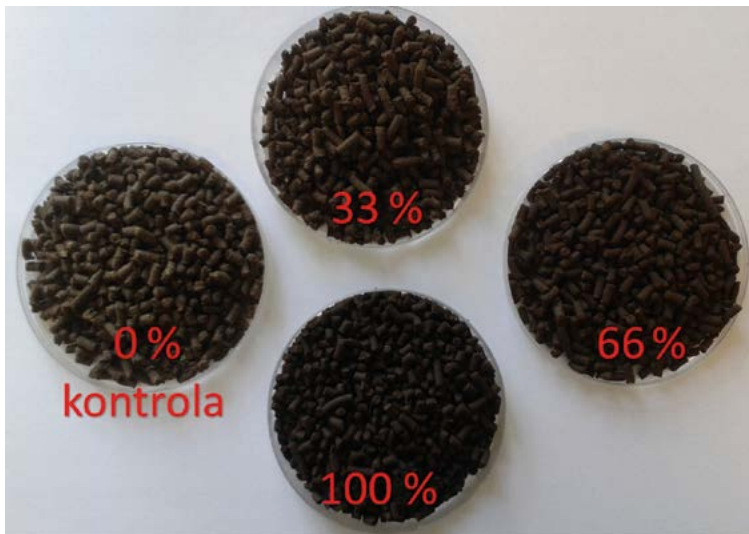
Sledované parametry	BFT 0 %	BFT 25 %	BFT 50 %
počáteční SL(mm)	56,04 ± 3,71	57,18 ± 4,24	56,71 ± 2,33
konečná SL (mm)	64,43 ± 5,22	61,46 ± 6,13	63,27 ± 5,77
počáteční hmotnost (g)	2,53 ± 0,29	2,53 ± 0,29	2,53 ± 0,29
konečná hmotnost (g)	3,73 ± 0,74	3,65 ± 0,69	3,74 ± 0,56
přežití (%)	88,78 ± 0,57	85,33 ± 2,12	84,33 ± 0,72
FCR	1,39 ± 0,23	1,49 ± 0,27	1,38 ± 0,31
SGR (%.den ⁻¹)	1,29 ± 0,16	1,22 ± 0,21	1,30 ± 0,18

Legenda:

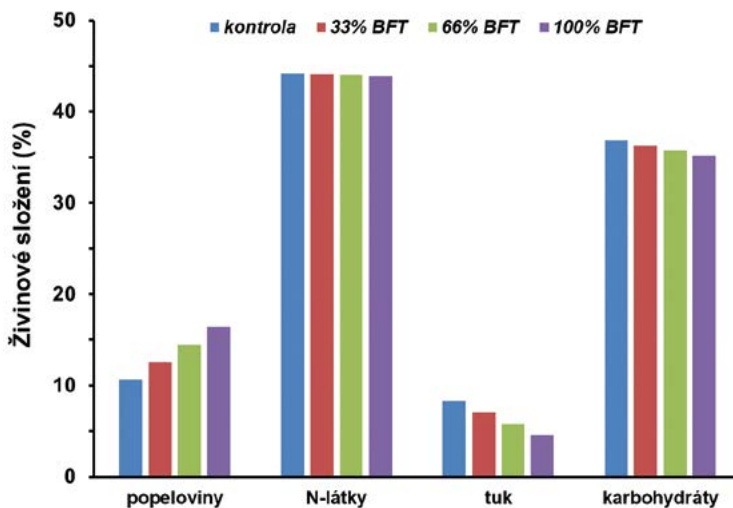
BFT, biofloc technologie; FCR, konverze krmiva; SGR, specifická rychlost růstu; SL, délka těla.

Využití biomasy jako krmné složky pro ryby

Vytvoření nové krmné směsi s různou procentuální příměsí sušené mikrobiální biomasy z BFT bylo podnětem k naplánování dalšího experimentu. Ve spolupráci s Laboratoří etologie ryb a raků VÚRH ve Vodňanech byl uskutečněn krmný pokus na raku červeném (*Procambarus clarkii* Girard, 1852). Byly testovány celkem čtyři typy krmné směsi (Obr. 19). Pomocí studené extruze byly vytvořeny pelety o průměrné velikosti 3–4 mm. Nutriční složení jednotlivých skupin je uvedeno na obrázku 20.



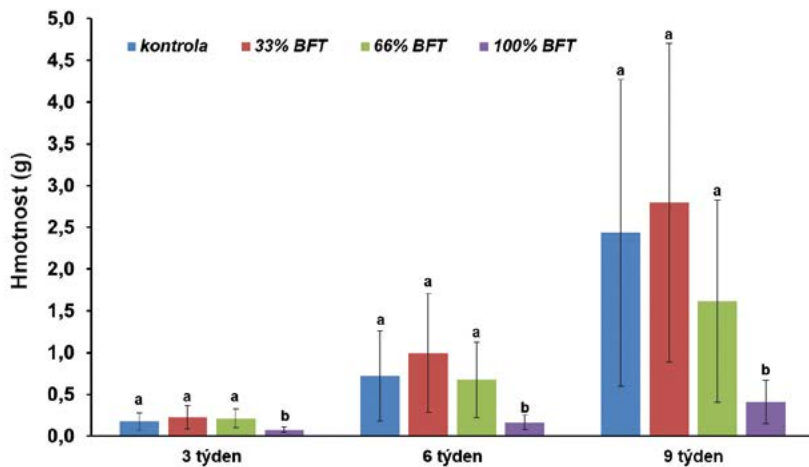
Obr. 19. Struktura krmných směsí s různým podílem (0, 33, 66 a 100 %) sušené mikrobiální biomasy odebrané z BFT (Foto: R. Lunda).



Obr. 20. Nutriční složení krmných směsí s různým podílem (0, 33, 66 a 100 %) sušené mikrobiální biomasy z BFT použitých při krmném pokusu s odchovem juvenilních raků červených (*Procambarus clarkii*).

Každá skupina ($n = 10$) byla testována ve třech opakováních. Raci byli krmeni dvakrát denně *ad libitum*. Kontrola experimentu (měření, vážení) probíhala každý třetí týden. Výsledky přírůstku jednotlivých skupin jsou vyobrazeny na obrázku 21. Nejnižšího přírůstku dosahovala skupina, která byla krmena 100% směsí mikrobiálního krmiva z BFT. Důvodem může být vyšší koncentrace kovů či popelovin a následné nechutenství raků. Naopak skupina s 33% obsahem BFT v krmivu dosáhla srovnatelného růstu s kontrolní skupinou. Úplné nahrazení krmiva mikrobiální biomasou z BFT nepřineslo pozitivní účinky. Lze proto na sušenou mikrobiální biomasu nahlížet jako na alternativní zdroj proteinu, který v budoucnu může pouze částečně nahradit rybí moučku.

Pokud by BFT moučka dokázala snížit náklady na výrobu pelet o 1/3, z hlediska finančních nákladů na protein, znamenalo by to velice pozitivní krok ve výrobě krmiv. Zatím se však jednalo pouze o prvotní test. Pro budoucí závěry je zapotřebí více experimentů na danou tematiku. BFT sice do jisté míry dokáže hospodařit a zužitkovat odpad vzniklý akvakulturou, je ale zapotřebí najít využití i pro odpad vzniklý technologií biofloc.



Obr. 21. Porovnání přírůstku (g) raka červeného (*Procambarus clarkii*) mezi jednotlivými skupinami krmiva s různým podílem (0, 33, 66 a 100 %) sušené mikrobiální směsi z BFT.

5. EKONOMICKÝ PŘÍNOS

Systém BFT vykazuje vyšší imunokompetenci, antioxidační stav a odolnost vůči chorobám ve srovnání s ostatními akvakulturními systémy (RAS, rybník, klecový chov atd.). To vše se pozitivně podepisuje na snižování provozních nákladů. Technologie BFT je ekonomická alternativa pro snižování provozních nákladů na krmivo v akvakulturních systémech. Optimální poměr C:N (podmínka efektivního fungování technologie) v systémech lze zajistit přidáním různých místně dostupných levných zdrojů uhlíku, nebo snížením obsahu proteinu v krmivech podávaných rybám v BFT. Tabulka 5 shrnuje údaje o konverzi krmiva, přežití, růstu, spotřebě energie na vzduchování, spotřebě energie na čerpání vody, spotřebě vody, spotřebě sody a spotřebě zdroje uhlíku v BFT systémech různého nastavení v porovnání s RAS systémy.

Tab. 5. Produkční a ekonomické parametry vybraných druhů ryb chovaných v biofloc systémech s využitím různých substrátů jako zdroje uhlíku.

DRUH CHOVANÉ RYBY	W _p	W _k	W _g	D _{ch}	SGR	FCR	S	Podmínky		Zdroj C	SE _v	SE _z	SV	SS	SC	Reference
								D _h	B _T							
	g	g	%	dny	%·den ⁻¹	%				(kW. kg ⁻¹ ryb)	(kW. kg ⁻¹ ryb)	(m ³ ·kg ⁻¹ ryb)	(kg·kg ⁻¹ přír. růstku)	(kg·kg ⁻¹ přír. růstku)		
<i>Oreochromis niloticus</i>	RAS 24,2	138,3	114,1	90	1,90	1,47	100	?	IND	OS	11,22	12,47	1	0,6	0	Luo a kol. (2014)
<i>Oreochromis niloticus</i>	BFT 24,2	168,6	144,4	90	2,13	1,20	100	?	IND	OS	22,4	EVA	1,67	0,3	0,9	Luo a kol. (2014)
<i>Pelteobagrus vachelli</i>	RAS 37,1	60,8	23,7	42	1,19	3,11	100	H	IND	x	6,56	x	EVA	x	x	Deng a kol. (2018)
<i>Pelteobagrus vachelli</i>	BFT 37,1	74,5	37,4	42	1,58	2,02	100	H	IND	TŠ	6,56	x	EVA	x	0,73	Deng a kol. (2018)
<i>Pelteobagrus vachelli</i>	BFT 38,7	71,6	32,9	42	1,42	2,21	100	H	IND	RC	6,56	x	EVA	x	0,80	Deng a kol. (2018)
<i>Pelteobagrus vachelli</i>	BFT 39,2	70,0	30,8	42	1,34	2,47	100	H	IND	TŠ+RC	6,56	x	EVA	x	0,89	Deng a kol. (2018)
<i>Oreochromis niloticus</i>	RAS 48,0	80,2	32,2	70	0,73	2,46	96,8	?	IND	x	x	x	x	x	x	Mansour a Esteban (2017)
<i>Oreochromis niloticus</i>	BFT 48,0	90,2	42,2	70	0,90	1,80	98,4	?	IND	RO	x	x	x	x	x	Mansour a Esteban (2017)
<i>Oreochromis niloticus</i>	BFT 48,0	96,0	48,0	70	0,99	1,72	100,0	?	IND	PM	x	x	x	x	x	Mansour a Esteban (2017)
<i>Labeo rohita</i>	RAS 56,8	95,6	38,9	90	0,57	3,08	100	3,62	x	x	x	x	x	x	x	Mahanand a kol. (2013)
<i>Labeo rohita</i>	BFT 51,5	113,8	62,3	90	0,87	1,86	100	3,04	x	PM	x	x	x	x	x	Mahanand a kol. (2013)
<i>O. niloticus</i> x <i>O. mossambicus</i>	BFT 100,7	140,7	40,0	84	0,40	3,51	100	H	IND	PM	x	x	x	x	3,4	Azim a Little (2008)
<i>O. niloticus</i> x <i>O. mossambicus</i>	RAS 99,6	127,5	27,9	84	0,29	4,97	100	H	IND	PM	x	x	x	x	5,7	Azim a Little (2008)
<i>Cyprinus carpio</i>	RAS 20,7	46,7	26,0	70	1,10	1,60	93,3	H	IND	x	x	x	?	x	x	Bakhshi a kol. (2018)

VYUŽITÍ BIOFLOC TECHNOLOGIE V INTENZIVNÍ AKVAKULTUŘE

Tab. 5. Pokračování.

<i>Cyprinus carpio</i>	BFT	20,9	49,9	29,0	70	1,20	1,40	92,2	H	IND	ME	x	EVA	x	Bakhsi a kol. (2018)
<i>Cyprinus carpio</i>	BFT	20,8	49,6	28,8	70	1,20	1,40	97,3	H	IND	SA	x	EVA	x	Bakhsi a kol. (2018)
<i>Cyprinus carpio</i>	BFT	20,9	51,7	30,8	70	1,30	1,30	97,3	H	IND	KŠ	x	EVA	x	Bakhsi a kol. (2018)
<i>Oreochromis niloticus</i>	BFT		0,0			-		90-98			ME		EVA		Ekasari a kol. (2015)
<i>Oreochromis niloticus</i>	RAS		0,0			-		67-75			x				Ekasari a kol. (2015)
<i>Clarias gariepinus</i>	BFT	600	1077	477	122	0,48		100			ME		EVA		Ekasari a kol. (2016)
<i>Clarias gariepinus</i>	RAS	600	956	356	122	0,38		98			x				Ekasari a kol. (2016)
<i>Oreochromis niloticus</i>	RAS	50,3	146,7	96,4		1,92	0,97	56			x				Long a kol. (2015)
<i>Oreochromis niloticus</i>	BFT	50,6	160,5	109,9		2,04	0,83	56			GL		EVA		Long a kol. (2015)
<i>Clarias gariepinus</i>	RAS	5,8	10,8	5,0	30	2,06	x	88,3	?	IND	E	x	EVA	x	Abu Bakar a kol. (2015)
<i>Clarias gariepinus</i>	BFT	5,8	12,1	6,3	30	2,44	x	88,3	?	IND	ME	x	EVA	x	Abu Bakar a kol. (2015)
<i>Clarias gariepinus</i>	BFT	5,9	12,7	6,8	30	2,57	x	88,3	?	IND	ME	x	EVA	x	Abu Bakar a kol. (2015)
<i>Clarias gariepinus</i>	BFT	6,0	13,4	7,4	30	2,69	x	86,7	?	IND	ME	x	EVA	x	Abu Bakar a kol. (2015)
<i>Clarias gariepinus</i>	BFT	5,8	12,4	6,6	30	2,53	x	88,3	?	IND	ME	x	EVA	x	Abu Bakar a kol. (2015)
<i>Clarias gariepinus</i>	BFT	5,9	11,9	6,0	30	2,35	x	83,3	?	IND	ME	x	EVA	x	Abu Bakar a kol. (2015)
<i>O. niloticus</i> x <i>O. mossambicus</i>	BFT	16,2	53,1	36,9	42	2,83	1,50	90			x		EVA		López-Elias a kol. (2015)
<i>O. niloticus</i> x <i>O. mossambicus</i>	BFT	16,2	57,4	41,2	42	3,01	1,70	83			K+P+ +Č70%		EVA		López-Elias a kol. (2015)
<i>O. niloticus</i> x <i>O. mossambicus</i>	BFT	16,2	64,1	47,9	42	3,27	1,40	91			K+P+ +Č80%		EVA		López-Elias a kol. (2015)

Tab. 5. Pokračování.

<i>O. niloticus</i> x <i>O. mossambicus</i>	BFT	16,2	53,5	37,3	42	2,84	1,20	100				K+P+ +C90%	EVA	López-Elias a kol. (2015)
<i>O. niloticus</i> x <i>O. mossambicus</i>	BFT	16,2	45,0	28,8	42	2,43	1,50	100				K+P+ +C100%	EVA	López-Elias a kol. (2015)
<i>Carassius auratus</i>	PON	5,0	9,2	4,1	56	1,07	2,72	100	?	OUT	x			Wang a kol. (2015)
<i>Carassius auratus</i>	BFTp	5,1	9,4	4,4	56	1,11	2,52	100	?	OUT	GL			Wang a kol. (2015)
<i>Carassius auratus</i>	BFTp	5,0	10,5	5,5	56	1,33	2,04	100	?	OUT	GL			Wang a kol. (2015)
<i>Carassius auratus</i>	BFTp	5,1	10,5	5,4	56	1,29	2,11	100	?	OUT	GL			Wang a kol. (2015)
<i>Clarias gariepinus</i>	BFT	1,0	2,9	1,9	56	1,93	1,47	83			GC			Dauda a kol. (2018)
<i>Hypsiibarbus wetmorei</i> x <i>Barbodes gonionotus</i>	BFT	1,8	3,6	1,8	56	1,25	2,07	100			GC			Dauda a kol. (2018)
<i>Clarias gariepinus</i>	RAS	1,0	2,8	1,8	56	1,84	1,62	77			GC			Dauda a kol. (2018)
<i>Hypsiibarbus wetmorei</i> x <i>Barbodes gonionotus</i>	RAS	1,8	3,0	1,3	56	0,96	2,64	100			GC			Dauda a kol. (2018)
<i>Clarias gariepinus</i>	BFT	1,1			60	7,91	0,90	96	?	IND	ME	x	EVA	Putra a kol. (2017)
<i>Clarias gariepinus</i>	BFT	1,1			60	7,28	1,14	75	?	IND	ME	x	EVA	Putra a kol. (2017)
<i>Clarias gariepinus</i>	BFT	1,1			60	7,34	1,10	91	?	IND	ME	x	EVA	Putra a kol. (2017)
<i>Tinca tinca</i>	BFT	1,8	3,3	1,5	50	1,14	1,04	92	?	IND	GL	x	EVA	Vmatea a kol. (2018)
<i>Tinca tinca</i>	RAS	1,8	4,1	2,3	50	1,16	0,43?	98	?	IND	GL	x	11,1	Vmatea a kol. (2018)
<i>Mugil cephalus</i>	BFT	0,7	1,7	1,0	50	1,87	1,26	81	?	IND	GL	x	EVA	Vmatea a kol. (2018)
<i>Mugil cephalus</i>	RAS	0,7	3,4	2,8	50	3,31	0,23?	94	?	IND	GL	x	11,1	Vmatea a kol. (2018)
<i>Oreochromis niloticus</i> (mono sex)	BFT	2,8	150,6	147,8	215	3,14	0,00	79			PO		EVA	Nahar a kol. (2015)
<i>Oreochromis niloticus</i> (mono sex)	TANK	2,8	92,3	89,5	215	3,32	1,84	83			PO			Nahar a kol. (2015)

Tab. 5. Pokračování.

<i>Oreochromis niloticus</i>	BFT	3,4	15,7	12,2	120	1,26	1,87	99	IND	ME	EVA	x	x	Abdujabbar a kol. (2015)
<i>Oreochromis niloticus</i>	TANK	3,4	12,2	8,8	120	1,07	2,31	98	IND	ME		x	x	Abdujabbar a kol. (2015)
<i>Oreochromis niloticus</i>	TANK	14,1	22,8	8,8	85	0,57	5,60	x	IND	níc	71			El-Husseiny a kol. (2018)
<i>Oreochromis niloticus</i>	BFT	14,0	26,7	12,7	85	0,75	4,27	x	IND	GL	EVA			El-Husseiny a kol. (2018)
<i>Oreochromis niloticus</i>	BFT	14,0	26,1	12,2	85	0,73	3,50	x	IND	ME	EVA			El-Husseiny a kol. (2018)
<i>Oreochromis niloticus</i>	BFT	14,0	24,4	10,3	85	0,65	3,80	x	IND	Š	EVA			El-Husseiny a kol. (2018)
<i>Oreochromis niloticus</i>	BFT	14,0	26,2	12,2	85	0,73	3,40	x	IND	O	EVA			El-Husseiny a kol. (2018)
<i>Oreochromis niloticus</i>	BFT	14,0	24,5	10,5	85	0,66	3,90	x	IND	C	EVA			El-Husseiny a kol. (2018)
<i>Oreochromis andersonii</i>	BFT	19,3	30	11	70	0,63	2,53	68	?	SKL	KM	343	x	Day a kol. (2016)
<i>Oreochromis mossambicus</i>	BFT	36,8	59	22	70	0,67	2,24	61	?	SKL	KM	181	x	Day a kol. (2016)
<i>Oreochromis niloticus</i>	BFT	36,5	85	49	70	1,21	1,01	100	?	SKL	KM	57	x	Day a kol. (2016)

Legenda:

BFT, biofloc technologie; BFT_r, rybníční biofloc; C, celulóza; Dch, dny odchovu; FCR, konverze krmiva; GC, glycerol; GL, glukóza; H, hnědý biofloc; IND, vnitřní (indoor systém); KŠ, kukuřičný škrob; KM, kukuřičná mouka; K+P+Č, kukuřice, pšenice a čirok; ME, melasa; O, otruby (nespecifikované); OS, octan sodný; OUT, venkovní (outdoor) systém; PM, pšeničná mouka; PO, pšeničné otruby; RAS, recirkulační akvakulturní systém; RC, rostlinná celulóza; RO, rýžové otruby; RYB, rybník; S, přezítí; SA, sacharóza; SC, spotřeba zdroje uhlíku; SEČ, spotřeba energie na čerpání; SEv, spotřeba energie na vzduchování; SGR, specifická rychlost růstu; SKL, skléník; SS, spotřeba vody; SV, spotřeba vody; Š, škrob; TŠ, tapiokový škrob; TŠ+RC, tapiokový škrob a rostlinná celulóza; Wg, přírůstek hmotnosti; Wk, hmotnost konečná; Wp, hmotnost počáteční.

6. UPLATNĚNÍ TECHNOLOGIE V PRAXI

Předložená technologie shrnuje informace o optimálním nastavení konstrukčního uspořádání a podmínek prostředí pro provoz biofloc systému. Technologie byla využita v provozu farmy Anapartners, s.r.o., která testovala produkci biofloc biomasy na části své produkční kapacity. Technologii mohou potenciálně využívat i další subjekty zabývající se intenzivním chovem ryb.

7. SEZNAM LITERATURY

- Abduljabbar, A.A., Nour, A.M., Srour, T., El-bermawy, N., Fayed, W.A., Mansour, A.T., 2015. Intensive Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) production under biofloc technology systems. *Global Journal of Fisheries and Aquaculture Researches* 2: 64–80.
- Abu Bakar, N.S., Mohd Nasir, N., Lananan, F., Abdul Hamid, S.H., Lam, S.S., Jusoh, A., 2015. Optimization of C/N ratios for nutrient removal in aquaculture system culturing African catfish, (*Clarias gariepinus*) utilizing Bioflocs Technology. *International Biodeterioration & Biodegradation* 102: 100–106.
- Ahmad, H.I., Verma, A.K., Babitha Rani, A.M., Rathore, G., Saharan, N., Gora, A.H., 2016. Growth, non-specific immunity and disease resistance of *Labeo rohita* against *Aeromonas hydrophila* in biofloc systems using different carbon sources. *Aquaculture* 457: 61–67.
- Asaduzzaman, M., Wahab, M.A., Verdegem, M.C.J., Huque, S., Salam, M.A., Azim, M.E., 2008. C/N ratio control and substrate addition for periphyton development jointly enhance freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* production in ponds. *Aquaculture* 280: 117–123.
- Asaduzzaman, M., Wahab, M.A., Verdegem, M.C.J., Benerjee, S., Akter, T., Hasan, M.M., Azim, M.E., 2009. Effects of addition of tilapia *Oreochromis niloticus* and substrates for periphyton developments on pond ecology and production in C/N-controlled freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* farming systems. *Aquaculture* 287: 371–380.
- Asio, <https://www.asio.cz/> (navštíveno 2/2018).
- Avnimelech, Y., 1999. Carbon nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture* 176: 227–235.
- Avnimelech, Y., 2006. Bio-filters: The need for an new comprehensive approach. *Aquacultural Engineering* 34: 172–178.
- Avnimelech, Y., 2007. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. *Aquaculture* 264: 140–147.
- Avnimelech, Y., 2012. *Biofloc Technology – A Practical Guide Book*. 2. vydání, The World Aquaculture Society, Baton Rouge (La.), 272 pp.

VYUŽITÍ BIOFLOC TECHNOLOGIE V INTENZIVNÍ AKVAKULTUŘE

- Avnimelech, Y., Kochva, M., Diab, S., 1994. Development of controlled intensive aquaculture systems with a limited water exchange and adjusted carbon to nitrogen ratio. *The Israeli Journal of Aquaculture Bamidgah* 46: 119–131.
- Avnimelech, Y., Weber, B., Hepher, B., Milstein, A., Zorn, M., 1986. Studies in circulated fish ponds: organic matter recycling and nitrogen transformation. *Aquaculture Research* 17: 231–242.
- Azim, M.E., Little, D.C., 2008. The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: Water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* 283: 29–35.
- Bakhshi, F., Najdegerami, E.H., Manaffar, R., Tukmechi, A., Farah, K.R., 2018. Use of different carbon sources for the biofloc system during the grow-out culture of common carp (*Cyprinus carpio* L.) fingerlings. *Aquaculture* 484: 259–267.
- Boyd, C.E., 1998. Pond water aeration systems. *Aquacultural Engineering* 18: 9–40.
- Brito, C., Valle, B., Interaminense, J., Peixoto, S., Lima-Filho, J.V., Soares, R., 2016. Microbiological quality of *Litopenaeus vannamei* culture using conventional and biofloc systems. *Aquaculture Research* 47: 3098–3108.
- Burford, M.A., Thompson, P.J., McIntosh, R.P., Bauman, R.H., Pearson, D.C., 2003. Nutrient and microbial dynamics in high-intensity, zero-exchange shrimp ponds in Belize. *Aquaculture* 219: 393–411.
- Cardona, E., Gueguen, Y., Magré, K., Lorgeoux, B., Piquemal, D., Pierrat, F., Noguier, F., Saulnier, D., 2016. Bacterial community characterization of water and intestine of the shrimp *Litopenaeus stylirostris* in a biofloc system. *BMC Microbiology* 16: 157.
- Crab, R., Kochva, M., Verstraete, W., Avnimelech, Y., 2009. Bio-flocs technology application in over-wintering of tilapia. *Aquacultural Engineering* 40: 105–112.
- Crab, R., Chielens, B., Wille, M., Bossier, P., Verstraete, W., 2010. The effect of different carbon sources on the nutritional value of bioflocs, a feed for *Macrobrachium rosenbergii* postlarvae. *Aquaculture Research* 41: 559–567.
- Crab, R., Defoirdt, T., Bossier, P., Verstraete, W., 2012. Biofloc technology in aquaculture: Beneficial effects and future challenges. *Aquaculture* 356/357: 351–356.
- Dauda, A.B., Romano, N., Chen, W.W., Natrah, I., Kamarudin, M.S., 2018. Differences in feeding habits influence the growth performance and feeding efficiencies of African catfish (*Clarias gariepinus*) and lemon fin barb hybrid (*Hypsibarbus wetmorei* ♂ × *Barboides gonionotus* ♀) in a glycerol-based biofloc technology system versus a recirculating system. *Aquaculture Engineering* 82: 31–37.
- Day, S.B., Salie, K., Stander, H.B., 2016. A growth comparison among three commercial tilapia species in a biofloc system. *Aquaculture International* 24: 1309–1322.
- Deng, M., Chen, J., Gou, J., Hou, J., Li, D., He, X., 2018. The effect of different carbon sources on water quality, microbial community and structure of biofloc systems. *Aquaculture* 482: 103–110.
- De Schryver, P., Crab, R., Defoirdt, T., Boon, N., Verstraete, W., 2008. The basics of bio-flocs technology: The added value for aquaculture. *Aquaculture* 277: 125–137.

- Ebeling, J.M., Timmons, M.B., Bisogni, J.J., 2006. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture* 257: 346–358.
- Ekasari, J., Crab, R., Verstraete, W., 2010. Primary Nutritional Content of Bio-Flocs Cultured with Different Organic Carbon Sources and Salinity. *HAYATI Journal of Biosciences* 17: 125–130.
- Ekasari, J., Hanif Azhar, M., Surawidjaja, E.H., Nuryati, S., De Schryver, P., Bossier, P., 2014. Immune response and disease resistance of shrimp fed biofloc grown on different carbon sources. *Fish & Shellfish Immunology* 41: 332–339.
- Ekasari, J., Rivandi, D.R., Firdausi, A.P., Surawidjaja, E.H., Zairin, Jr. M., Bossier, P., De Schryver, P., 2015. Biofloc technology positively affects Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) larvae performance. *Aquaculture* 441: 72–77.
- Ekasari, J., Suprayudi, M.A., Wiyoto, W., Hazanah, R.F., Lenggara, G.S., Sulistiani, R., Alkahfi, M., Zairin, M., 2016. Biofloc technology application in African catfish fingerling production: The effects on the reproductive performance of broodstock and the quality of eggs and larvae. *Aquaculture* 464: 349–356.
- El-Husseiny, O.M., Goda, A.M.A.-S., Mabroke, R.S., Soausy, M., 2018. Complexity of carbon sources and the impact on biofloc integrity and quality in tilapia (*Oreochromis niloticus*) tanks. *AAFL Bioflux* 11: 834–855.
- Emerenciano, M., Gaxiola, G., Cuzon, G., 2013. Biofloc Technology (BFT): A Review for Aquaculture Application and Animal Food Industry. [online]. *Biomass Now*. Miodrag Darko Matovic, Intech Open. Dostupné na WWW: <https://www.intechopen.com/books/biomass-now-cultivation-and-utilization/biofloc-technology-bft-a-review-for-aquaculture-application-and-animal-food-industry>.
- FAO, 2016. The State of World Fisheries and Aquaculture (SOFIA). [online]. Aligning the future of fisheries and aquaculture with 2030 agenda for sustainable development. Řím (It.). Dostupné na WWW: <http://www.fao.org/3/a-i5555e.pdf>.
- Fauji, H., Budiardi, T., Ekasari, J., 2018. Growth performance and robustness of African Catfish *Clarias gariepinus* (Burchell) in biofloc-based nursery production with different stocking densities. *Aquaculture Research* 49: 1339–1346.
- Fugimura, M.M.S., dos Reis Flor, H., de Melo, E.P., da Costa, T.V., Wasielewsky, W. Jr., Oshiro, L.M.Y., 2015. Brewery residues as a source of organic carbon in *Litopenaeus schmitti* white shrimp farms with BFT systems. *Aquaculture International* 23: 509–522.
- Furtado, P.S., Poersch, L.H., Wasielewsky, W., 2011. Effect of calcium hydroxide, carbonate and sodium bicarbonate on water quality and zootechnical performance of shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in bio-flocs technology (BFT) systems. *Aquaculture* 321: 130–135.
- Goldman, J.C., Caron, D.A., Dennet, M.R., 1987. Regulation of gross growth efficiency and ammonium regeneration in bacteria by substrate C:N ratio. *Limnology and Oceanography* 36: 1239–1252.

VYUŽITÍ BIOFLOC TECHNOLOGIE V INTENZIVNÍ AKVAKULTUŘE

- Green, B.W., McEntire, M.E., 2017. Comparative water quality and channel catfish production in earthen ponds and a biofloc technology production system. *Journal of Applied Aquaculture* 29: 1–15.
- Hantula, J., Bamford, D.H., 1991. The efficiency of the protein-dependent flocculation of *Flavobacterium* sp. is sensitive to the composition of growth medium. *Applied Microbiology and Biotechnology* 36: 100–104.
- Hargreaves, J.A., 2013. Biofloc production systems for aquaculture. Southern Regional Aquaculture Center, Publication no. 4503, 12 pp.
- Hari, B., Kurup, M.B., Varghese, J.T., Sharma, J.W., Verdegem, M.C.J., 2004. Effects of carbohydrate addition on production in extensive shrimp culture systems. *Aquaculture* 241: 179–194.
- Hastuti, S., Subandiyono, S., 2016. Application of biofloc technology in intensive farming affected production and blood performances of the catfish (*Clarias gariepinus*, Burchell 1822). *Science and Engineering* 78: 221–226.
- Higgins, M.J., Novak, J.T., 1997. Characterization of exocellular protein and its role in bioflocculation. *Journal of Environmental Engineering* 123: 479–485.
- Choo, H.X., Caipang, C.M.A., 2015. Biofloc technology (BFT) and its application towards improved production in freshwater tilapia culture. *AAAL Bioflux* 8: 362–366.
- Chu, C.P., Lee, D.J., 2004. Multiscale structures of biological flocs. *Chemical Engineering Science* 59: 1875–1883.
- IndiaBizClub, <https://www.indiabizclub.com/product/giant-river-prawn-macrobrachium-rosenbergii-5osuzqq41oq4zq05qrt#popup> (navštíveno 2/2018).
- Ju, Z.Y., Forster, I., Conquest, L., Dominy, W., Kuo, W.C., David, H.F., 2008. Determination of microbial community structures of shrimp floc cultures by biomarkers and analysis of floc amino acid profiles. *Aquaculture Research* 39: 118–133.
- Khanjani, M.H., Sajjadi, M.M., Alizadeh, M., Sourinejad, I., 2017. Nursery performance of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931) cultivated in a biofloc system: The effect of adding different carbon sources. *Aquaculture Research* 48: 1491–1501.
- Kuhn, D.D., Boardman, G.D., Lawrence, A.L., Marsh, L., Flick, G.J., 2009. Microbial floc meal as a replacement ingredient for fish meal and soybean protein in shrimp feed. *Aquaculture* 296: 51–57.
- Lara, G., Krummenauer, D., Abreu, P.C., Poersch, L.H., Wasielesky, W., 2017. The use of different aerators on *Litopenaeus vannamei* biofloc culture system: Effects on water quality, shrimp growth and biofloc composition. *Aquaculture International* 25: 147–162.
- Liang, W., Luo, G., Tan, H., Ma, N., Zhang, N., Li, L., 2013. Efficiency of biofloc technology in suspended growth reactors treating aquacultural solid under intermittent aeration. *Aquacultural Engineering* 59: 41–47.
- Long, L., Yang, J., Li, Y., Guan, C., Wu, F., 2015. Effect of biofloc technology on growth, digestive enzyme activity, hematology, and immune response of genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* 448: 135–141.

- López-Elías, J.A., Moreno-Arias, A., Miranda-Baeza, A., Martínez-Córdova, L.R., Rivas-Vega, M.E., Márquez-Ríos, E., 2015. Proximate composition of bioflocs in culture systems containing hybrid red tilapia fed diets with varying levels of vegetable meal inclusion. *North American Journal of Aquaculture* 77: 102–109.
- Luo, G., Liang, W., Tan, H., Yao, C., Zhang, N., Lu, L., 2013. Effects of calcium and magnesium addition on the start-up of sequencing batch reactor using biofloc technology treating solid aquaculture waste. *Aquacultural Engineering* 57: 32–37.
- Luo, G., Gao, Q., Wang, C., Liu, W., Sun, D., Li, L., Tan, H., 2014. Growth, digestive activity, welfare, and partial cost-effectiveness of genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured in a recirculating aquaculture system and an indoor biofloc system. *Aquaculture* 422/423: 1–7.
- Luo, G., Zhang, N., Tan, H., Hou, Z., Liu, W., 2017. Efficiency of producing bioflocs with aquaculture waste by using poly- β -hydroxybutyric acid as a carbon source in suspended growth bioreactors. *Aquacultural Engineering* 76: 34–40.
- Mahanand, S.S., Moulick, S., Rao, P.S., 2013. Water quality and growth of rohu, *Labeo rohita*, in a Biofloc System. *Journal of Applied Aquaculture* 25: 121–131.
- Malpartida Pasco, J.J., Carvalho Filho, J.W., de Espirito Santo, C.M., Vinatea, L., 2018. Production of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* grown in BFT using two aeration systems. *Aquaculture Research* 49: 222–231.
- Mansour, A.T., Esteban, M.Á., 2017. Effects of carbon sources and plant protein levels in a biofloc system on growth performance, and the immune and antioxidant status of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Fish & Shellfish Immunology* 64: 202–209.
- Nahar, A., Siddik, A.M.S., Chaklader, Md. R., Hanif, Md.A., Sharker, Md.R., Rahman, Md.M., 2015. Biofloc technology in aquaculture systems generates higher income in mono-sex Nile tilapia farming in Bangladesh. *Advances in Biological Research* 9: 236–241.
- Najdegerami, E.H., Bakhshi, F., Lakani, F.B., 2016. Effects of biofloc on growth performance, digestive enzyme activities and liver histology of common carp (*Cyprinus carpio* L.) fingerlings in zero-water exchange system. *Fish Physiology and Biochemistry* 42: 457–465.
- Peeters, B., Dewil, R., Lechat, D., Smets, I.Y., 2011. Quantification of the exchangeable calcium in activated sludge flocs and its implication to sludge settleability. *Separation and Purification Technology* 83: 1–8.
- Pérez-Fuentes, J.A., Hernández-Vergara, M.P., Pérez-Rostro, C.I., Fogel, I., 2016. C:N ratios affect nitrogen removal and production of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* raised in a biofloc system under high density cultivation. *Aquaculture* 452: 247–251.
- Poli, M.A., Schweitzer, R., de Oliveira Nuñez, A.P., 2015. The use of biofloc technology in a South American catfish (*Rhamdia quelen*) hatchery: Effect of suspended solids in the performance of larvae. *Aquacultural Engineering* 66: 17–21.
- Putra, I., Rusliadi, R., Fauzi, M., Tang, U.M., Muchlisin, Z.A., 2017. Growth performance and feed utilization of African catfish *Clarias gariepinus* fed a commercial diet and reared in the biofloc system enhanced with probiotic. *F1000Research* 6: 1545.

VYUŽITÍ BIOFLOC TECHNOLOGIE V INTENZIVNÍ AKVAKULTUŘE

- Rathore, G., Yusufzal, S.I., Katira, N.N., 2016. Biofloc technology – The futuristic technology for improving the ecological and economic sustainability of aquaculture. *Life Sciences International Research Journal* 3: 29–32.
- Ray, A.J., Lotz, J.M., 2014. Comparing a chemoautotrophic-based biofloc system and three heterotrophic-based systems receiving different carbohydrate sources. *Aquacultural Engineering* 63: 54–61.
- Ray, A.J., Seaborn, G., Leffler, J.W., Wilde, S.B., Lawson, A., Browdy, C.L., 2010. Characterization of microbial communities in minimal-exchange, intensive aquaculture systems and the effects of suspended solids management. *Aquaculture* 310: 130–138.
- Rittmann, B.E., McCarty, P.L., 2001. *Environmental Biotechnology: Principles and Applications*. McGraw-Hill, NewYork, 768 pp.
- Sadloň, P., 2017. Využití odpadové vody z RAS pre produkciu mikrobiálneho proteínu. Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 83 s.
- Samocha, T.M., Patnaik, S., Speed, M., Ali, A.-M., Burger, J.M., Almeida, R.V., Ayub, Z., Harisanto, M., Horowitz, M., Brock, D.L., 2007. Use of molasses as carbon source in limited discharge nursery and grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*. *Aquacultural Engineering* 36: 184–191.
- Serfling, S.A., 2006. Microbial flocs: Natural treatment method supports freshwater, marine species in recirculating systems. *Global Aquaculture Advocate*: 34–36.
- Serra, F.P., Gaona, C.A.P., Furtado, P.S., Poersch, L.H., Wasielesky, W.Jr., 2015. Use of different carbon sources for the biofloc system adopted during the nursery and grow-out culture of *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture International* 23: 1325–1339.
- Schendel, E.K., Nordström, S.E., Lavkulich, L.M., 2004. Floc and sediment properties and their environmental distribution from a marine fish farm. *Aquaculture Research* 35: 483–493.
- Sobeck, D.C., Higgins, M.J., 2002. Examination of three theories for mechanisms of cation-induced bioflocculation. *Water Research* 36: 527–538.
- Suita, S.M., Ballester, E.L.C., Abreu, P.C., Wasielesky, Jr. W., 2015. Dextrose as carbon source in the culture of *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) in a zero exchange system. *Latin American Journal of Aquatic Research* 43: 526–533.
- van Rijn, J., 2013. Waste treatment in recirculating aquaculture systems. *Aquacultural Engineering* 53: 49–56.
- Vinatea, L., Malpartida, J., Carbó, R., Andree, K.B., Gisbert, E., Estévez, A., 2018. A comparison of recirculation aquaculture systems versus biofloc technology culture for on-growing of fry of *Tinca tinca* (Cyprinidae) and fry of grey *Mugil cephalus* (Mulgilidae). *Aquaculture* 482: 155–161.
- Wang, G., Yu, E., Xie, J., Yu, D., Li, Z., Luo, W., Qiu, L., Zheng, Z., 2015. Effect of C/N ratio on water quality in zero-water exchange tanks and the biofloc supplementation in feed on the growth performance of crucian carp, *Carassius auratus*. *Aquaculture* 443: 98–104.

- Wasiolesky, W.Jr., Atwood, H., Stokes, A., Browdy, C.L., 2006. Effect of natural production in a zero Exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture 258: 396–403.
- Wei, Y., Liao, S-A., Wang, A-L., 2016. The effect of different carbon sources on the nutritional composition, microbial community and structure of bioflocs. Aquaculture 465: 88–93.
- Xu, W-J., Morris, T.C., Samocha, T.M., 2016. Effects of C/N ratio on biofloc development, water quality, and performance of *Litopenaeus vannamei* juveniles in a biofloc-based, high-density, zero-exchange, outdoor tank system. Aquaculture 453: 169–175.
- Zhao, Z., Xu, Q., Luo, L., Wang, Ch., Li, W., Wang, L., 2014. Effect of feed C/N ratio promoted bioflocs on water quality and production performance of bottom and filter feeder carp in minimum-water exchanged pond polyculture system. Aquaculture 434: 442–448.

Odborný externí oponent

Ing. Tomáš Zajíc, Ph.D.
Rybářství Chlumec nad Cidlinou, a.s., Boženy Němcové 711/IV,
503 51 Chlumec nad Cidlinou

Odborný interní oponent

Ing. Radek Gebauer, Ph.D.
Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Jihočeské
výzkumné centrum akvakultury a biodiverzity hydrocenóz
a Ústav akvakultury a ochrany vod, Husova tř. 458/102, 370 05 České Budějovice

Ověření a uplatnění technologie v roce 2018

Anapartners s.r.o., Mezi potoky 69, 102 00 Praha 15 – Hostivař

Adresa autorského kolektivu

Ing. Roman Lunda, Ing. Vlastimil Stejskal, Ph.D., Ing. Markéta Prokešová, Ph.D.,
doc. Ing. Jan Mráz, Ph.D.
Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Jihočeské
výzkumné centrum akvakultury a biodiverzity hydrocenóz a Ústav akvakultury
a ochrany vod, Husova tř. 458/102, 370 05 České Budějovice, www.frov.jcu.cz

V edici *Metodik (Technologická řada)* vydala Jihočeská univerzita v Českých
Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Vodňany, www.frov.jcu.cz
odborný editor: dr hab. Ing. Josef Velíšek, Ph.D., jazyková korektura: Pavlína Nováková,
redakce: Zuzana Dvořáková

náklad: 200 ks, 1. vydání, vytištěno v roce 2021,
grafický design a technická realizace: Jesenické nakladatelství Jena Šumperk

