

Su ürünleri yetiştiriciliğinde biyoyumak teknolojisi

Biofloc technology in aquaculture

Doğukan Kaya*  • Ercüment Genç 

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Su Ürünleri Mühendisliği Bölümü, 06110-Ankara, Türkiye

* Corresponding author: dogukankaya@ankara.edu.tr

Received date: 04.01.2018

Accepted date: 28.03.2018

How to cite this paper:

Kaya, D & Genç, E. (2018). Biofloc technology in aquaculture. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 35(2), 219-225.
DOI:10.12714/egejfas.2018.35.2.16

Öz: Su ürünleri üretiminde doğal kaynakların korunması ve çevresel standartlara uygun yetiştiricilik yapılması için sürdürülebilir metotların geliştirilmesi bir gerekliliktir. Hayvan refahı ve gıda etiğine uygun ürün arzı, günümüzde önem gösterilen başlıca bir konudur. Çevre dostu yeni üretim metotlarından biri biyoyumak (biofloc) teknolojisidir. Bu teknoloji, su ürünleri yetiştiricilik sistemlerinde karbon ve azot dengesine dayanan ve su kalitesini artıran bir sistemdir. Bu çalışmada, su ürünleri yetiştiriciliğinde son yıllarda etkin bir biçimde kullanılmaya başlanan biyoyumak teknolojisinin yetiştiricilikte sunduğu faydalar derlenmiştir.

Anahtar kelimeler: *Biyoyumak, su kalitesi, karbon/azot oranı, besleme*

Abstract: It is necessary to develop sustainable methods for the conservation of natural resources and the production in accordance with environmental standards in aquaculture. Animal welfare and product supply suitable for food ethics is a major issue that is important today. One of the eco-friendly new production methods is biofloc technology. This technology is based on carbon and nitrogen balance in aquaculture systems and improves water quality. In this study, biofloc technology, which has been used effectively in aquaculture in recent years, has been compiled.

Keywords: *Biofloc, water quality, carbon/nitrogen ratio, nutrition*

GİRİŞ

Artan dünya nüfusuyla birlikte küresel gıda ihtiyacı temini, alternatif ve sürdürülebilir üretim sistemlerinin gün yüzüne çıkmasına neden olmuştur. Bu noktada besin üretimine çözüm arayışları çerçevesinde FAO ve Dünya Bankası projeksiyonları insan gıdasının sularda yapılacak su ürünleri yetiştiriciliğiyle karşılanabileceğini öngörmektedir.

2015 yılı itibarıyla dünya toplam üretimi 162 milyon tona ulaşan su ürünleri üretimi bu gıda temininde önemli bir rol oynamaktadır (FAO 2015). Su ürünleri yetiştiriciliğinde temel prensip; çevreyle dost, canlı refahı ile etik/biyogüvenlik olgularını gözeterek, sürdürülebilir üretim sistemlerinin geliştirilebilmesidir. Bununla birlikte yetiştiricilikte uygun mali oranların yakalanabilmesi, hem sosyal hem de ekonomik sürdürülebilirliğin sağlanması açısından aynı derecede önem taşımaktadır (Crab vd. 2012). Su ürünleri yetiştiriciliğinin etkin bir şekilde yapılabilmesi ve devamlılığının sağlanması için biyoyumak (biofloc) teknolojisi; mevcut üretim tekniklerine alternatif bir çözüm olarak ortaya çıkmaktadır.

Biyoyumak teknolojisi ilk olarak Fransız Denizel Araştırmalar Enstitüsü, Pasifik Okyanus Merkezi (Ifremer-COP) çalışanları tarafından 1970'li yılların başında farklı penaeid

karides türlerinin (*Penaeus monodon*, *Fenneropenaeus merguensis*, *Litopenaeus vannamei* ve *L. stylirostris*) yetiştiriciliğinde denenmiştir (Aquacop, 1975; Emerenciano vd. 2012a). Bu teknoloji organik madde ile bakteri, protozoa, rotifer, nematod ve diğer organizmalar gibi mikroorganizmalar arasındaki ilişkinin anlaşılması ile farklı araştırmalara konu olmuştur. Biyoyumak teknolojisi su ürünleri yetiştiricilik sektöründe Asya ve Latin Amerika ülkelerinde geniş alanlarda uygulanan ve gelişmeye devam eden bir üretim tekniği olarak bilinmektedir. Ayrıca Amerika Birleşik Devletleri, Güney Kore, Brezilya ve Çin'de de küçük ölçekte yürütülmektedir. Dünya genelinde ise birçok araştırma merkezinde ve üniversitede temel olarak yetiştiricilik yönetimi, besleme, üreme, mikrobiyal ekoloji, biyoteknoloji ve su ürünleri ekonomisi üzerine yoğun araştırma ve geliştirme projeleri ile çalışılmaktadır (Emerenciano vd. 2012a).

Su ürünleri yetiştiriciliğinde yoğun yem kullanımı, su ortamında besin elementlerinin artışına neden olmakta ve bu durum, suyun önemli ölçüde kalite parametrelerini etkileyen olumsuz bir süreci hazırlamaktadır. Bu bağlamda, su değişimini sınırlayan, organik atıkların birikimini engelleyen, yemin etkin

bir biçimde değerlendirilmesini sağlayan ve suyu kalite parametreleri yönünden iyileştiren sistem arayışları, yetiştiriciliğin odak noktalarından biri haline gelmiştir. Biyoyumak teknolojisi bahsedilen bu arayışlara cevap verebilecek üretim sistemlerinin bir parçası olarak görülebilir.

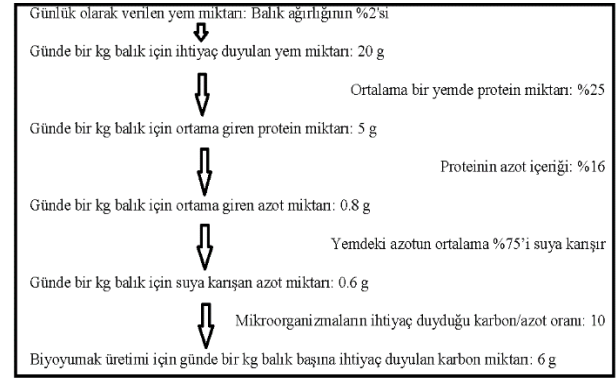
Biyoyumak teknolojisi ve önemi

Partikül haldeki organik madde ile mikroorganizmalar ve sucul canlıların oluşturduğu yapı potansiyel besin kaynağı özelliği taşımaktadır. Biyoyumak teknolojisinde, bu mikroorganizma yumaklarından yetiştiriciliği yapılan türler besin olarak faydalanabilmektedirler (Emerenciano vd. 2013b). Biyoyumak teknolojisi, yetiştiricilik sisteminde heterotrofik mikroorganizmaların çoğalmaları teşvik edilerek su kalitesini artırmayı sağlayan, böylelikle daha ekonomik ve sürdürülebilir yetiştiriciliğe olanak veren bir üretim tekniği olarak tanımlanmaktadır (Crab vd. 2012; Long vd. 2015). Heterotrofik mikroorganizmaları ve organik parçacıkları içeren biyoyumak, suya bir karbon kaynağı ilave edilerek ortamda optimum karbon/azot oranının sağlanmasıyla gerçekleştirilir (Şekil 1) (Crab vd. 2007; Long vd. 2015). Bu yöntemle teşvik edilen biyoyumağın azot alımı, amonyum konsantrasyonunun azaltılmasını nitrifikasyon sürecine göre daha hızlı şekillendirmektedir (Hargreaves, 2006; Crab vd. 2012). Biyoyumak sisteminde, amonyum ve diğer azotlu organik atık bileşikler; bakteriyel biyomasla sucul canlılar için besin kaynağı özelliği taşıyacak bir niteliğe dönüştürülmektedir. Bu anlamda biyoyumak teknolojisi, yetiştiricilikte su kalitesini iyileştirmesinin yanında daha az su kullanımını olanaklı hale getirmekte ve ekstra besin kaynağı olarak fayda yaratmaktadır (Avnimelech 2006; Long vd. 2015).

Biyoyumak kompozisyonu ve besinsel değeri

Biyoyumaklar alg, bakteri, protozoan, dışkı ya da tüketilmeyen yemler gibi diğer partikül organik maddelerin oluşturduğu küme olarak ifade edilmektedir. Biyoyumak içeriğinde zooplankton ve nematod türleri de yer alabilmektedir. Bazı biyoyumaklar makroskobik nitelik taşıırken; bunların çoğunlukla 50-200 mikron boyutlarında oldukları kayıt edilmektedir (Hargreaves 2013).

Biyoyumakların besinsel kalitesinin yetiştiriciliği yapılan türler için uygun olduğu bilgisi de mevcuttur. Biyoyumağın kuru ağırlık bazında protein içeriği %25-50 aralığında, ortalama olarak %30- 45 düzeyinde, yağ içeriğinin ise %0,5-15 aralığında ve ortalama %1-5 düzeyinde olduğu ifade edilmektedir. Biyoyumağın metiyonin ve sistin aminoasitlerinin temin edilmesindeki yeterliliğine yönelik çelişkili çalışmalar olsa da vitamin ve mineraller için iyi bir kaynak olduğu, ayrıca probiyotik etkilerinin de söz konusu olduğu bildirilmektedir (Hargreaves 2013).



Şekil 1. Biyoyumak uygulamasında tüketilmeyen yemden ve dışkıdan kaynaklı azotlu ürünlerin uzaklaştırılması için ihtiyaç duyulan karbon miktarının şematik gösterimi (Crab vd. 2012'den uyarlanmıştır)
Figure 1. Schematic display of amount of carbon needed to remove the nitrogen wasted from uneaten feed and feces by biofloc practice (Modified from Crab et al. 2012)

Su ürünleri yetiştiriciliğinde biyoyumak uygulamaları

Su ürünleri yetiştiriciliğinde gelişen teknolojik olanaklar ve pratik uygulamalar sayesinde alternatif üretim modellerinden biri haline gelen biyoyumağın son yıllarda artan bir ivme yakaladığı anlaşılmaktadır. Biyoyumağın karbon kaynağı kullanılarak su ürünleri alanında uygulamaya girdiğini ve yetiştiricilik için olumlu sonuçlar elde edildiğini gösteren çalışmalar Tablo 1'de konuyla ilgili araştırmacıların yararlanabilmeleri için listelenmiştir.

Tablo 1. Biyoyumağın farklı karbon kaynaklarında bazı yetiştiricilik parametrelerine etkisi
Table 1. Effect of biofloc on some aquaculture parameters in different carbon sources

| Karbon kaynağı | Yetiştirilen tür | Büyüme performansı | İmmün parametre | Su kalitesi | Literatür |
|----------------------|--|--------------------|-----------------|-------------|--------------------------|
| Buğday unu | <i>Oreochromis niloticus</i> | ↑ | ↑ | ↑ | Azim ve Little (2008) |
| Nişasta | <i>O. niloticus</i> x <i>O. aureus</i> | ↑ | ↔ | ↑ | Crab vd. (2009) |
| Asetat, gliserol | <i>Macrobrachium rosenbergii</i> | ↑ | ↔ | ↑ | Crab vd. (2010) |
| Buğday unu | <i>Penaeus semisulcatus</i> | ↑ | ↑ | ↑ | Megahed (2010) |
| Melas | <i>Litopenaeus vannamei</i> | ↑ | ↔ | ↑ | Krummenauer vd. (2011) |
| Sükroz | <i>Litopenaeus vannamei</i> | ↑ | ↔ | ↑ | Ray vd. (2011) |
| Dekstroz | <i>Litopenaeus vannamei</i> | ↑ | ↔ | ↑ | Gaona vd. (2011) |
| Melas | <i>Oreochromis sp.</i> | ↑ | ↔ | ↑ | Ekasari ve Maryam (2012) |
| Melas, buğday kepeği | <i>Farfantepenaeus brasiliensis</i> | ↑ | ↑ | ↑ | Emerenciano vd. (2012b) |
| Sükroz | <i>Litopenaeus vannamei</i> | ↔ | ↑ | ↔ | Xu ve Pan (2013) |

| | | | | | |
|--------------------------------|-------------------------------------|---|---|---|---------------------------|
| Melas | <i>Litopenaeus vannamei</i> | ↑ | ↔ | ↑ | Schweitzer vd. (2013) |
| Melas | <i>Litopenaeus vannamei</i> | ↔ | ↔ | ↑ | Silva vd. (2013) |
| Melas, tapyoka, pirinç kepeği | <i>Litopenaeus vannamei</i> | ↑ | ↑ | ↑ | Ekasari vd. (2014) |
| Buğday unu | <i>Penaeus monodon</i> | ↑ | ↑ | ↑ | Anand vd. (2014) |
| Melas | <i>Farfantepenaeus brasiliensis</i> | ↑ | ↑ | ↑ | Souza vd. (2014) |
| Melas | <i>Oreochromis niloticus</i> | ↑ | ↔ | ↑ | Ekasari vd. (2015) |
| Glukoz | <i>Oreochromis niloticus</i> | ↑ | ↑ | ↑ | Long vd. (2015) |
| Melas | <i>Cyprinus carpio</i> | ↑ | ↔ | ↔ | Najdegerami vd. (2016) |
| Buğday unu | <i>Oreochromis niloticus</i> | ↑ | ↑ | ↑ | Mansour ve Esteban (2017) |
| Melas, mısır nişastası, glikoz | <i>Cyprinus carpio</i> | ↑ | ↔ | ↑ | Bakhshi vd. (2018a) |
| Melas, mısır nişastası, glikoz | <i>Cyprinus carpio</i> | ↑ | ↑ | ↑ | Bakhshi vd. (2018b) |
| Buğday unu, melas | <i>Litopenaeus vannamei</i> | ↑ | ↑ | ↑ | Peixoto vd. (2018) |
| Buğday unu | <i>Apostichopus japonicus</i> | ↑ | ↑ | ↔ | Chen vd. (2018) |
| Gliserol | <i>Clarias gariepinus</i> | ↑ | ↑ | ↑ | Dauda vd. (2018) |

↑: Artış, ↔: Belirlenmemiş

Eklembacaklılar üzerine yapılan çalışmalar

Biyoyumak teknolojisi kullanılarak farklı karides türleri (*L. vannamei*, *P. monodon*, *F. paulensis*, *F. brasiliensis*, *F. Setiferus*, *P. semisulcatus*) üzerine yapılan çalışmalarda başarılı sonuçlar alındığı araştırmacılar tarafından kayıt edilmektedir (Samocha vd. 2007; Mishra et al. 2008; Arnold vd. 2009; Ballester vd. 2010; Emerenciano vd. 2011b; Peixoto vd. 2018). Bu teknolojinin başlıca avantajının biyoyumağın eklembacaklı canlılar için daha iyi beslenme olanağı sağlaması ve pazar boyuna yetiştiricilik süresinin kısaltılmasıdır (Emerenciano 2013a).

Kuhn vd. (2010), tilapya yetiştiriciliğinden elde ettikleri balık dışkısu kullanılarak üretildiği bildirilen iki farklı biyoyumak tipinin kapalı dolaşimli sistemde karides yetiştiriciliği üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Biyoyumaklar ardışık kesikli reaktörde (karbon eklemesiyle) ve membran biyolojik reaktörde (karbon eklemesi olmadan) üretilerek, balık unu ve/veya bitkisel protein yerine kullanılmıştır. Biyoyumak kullanılmayan kontrol grubu ile dört farklı biyoyumak ilave seviyesini (%10, 15, 21 ve 30) karşılaştırılmasında; yaşama oranı ve hasat miktarı bakımından gruplar arasında istatistiki bir fark gözlenmediğini fakat biyoyumak ilaveli yemle beslenen balıkların kontrol grubuna göre daha iyi büyüme oranları elde ettiklerini bildirmişlerdir. Araştırmacılar, biyoyumağın uygulamada balık unu ve bitkisel proteinden gelen hammaddenin yerine kullanılabileceğini ayrıca tilapya yetiştiriciliğinden kaynaklı atıkların da bu yöntemle geri kazanımının mümkün olabileceğini vurgulamışlardır.

Schweitzer vd. (2013), farklı biyoyumak tiplerinin (toplam askıda katı madde; 200 mg/L, 400-600 mg/L, 800-1000 mg/L) sıfır su değişimi şartlarında *Litopenaeus vannamei*'nin yoğun stok koşullarında büyüme performansı üzerine yaptıkları araştırmada; biyoyumağın orta seviyede (400-600 mg/l) tutulması halinde yoğun yetiştiricilik için ve sistemin sürdürülebilirliği ile üretkenliği açısından daha verimli sonuç alınacağını bildirmişlerdir. Gaona vd. (2017) tarafından, biyoyumak uygulaması esnasında farklı seviyelerde askıda katı madde (100-300 mg/L; düşük seviye, 300-600 mg/L; orta seviye, 600-1000 mg/L; yüksek seviye) varlığının su kalitesi ve

karides (*Litopenaeus vannamei*) yetiştiriciliği üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada karideslerin büyüme performansı, yaşama oranı, yem dönüşüm oranı ve toplam üretimin; düşük ve orta seviyede askıda katı halinde biyoyumak uygulanan gruplarda daha yüksek oranlarda bulunduğunu fakat gruplar arasında istatistiki farklılığın belirlenemediğini bildirmişlerdir. Yüksek biyoyumak seviyesindeki gruplarda ise anılan parametrelerin düştüğünü ve diğer iki gruba göre istatistiki farklılık gösterdiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar, düşük seviyede biyoyumağın *L. vannamei* yetiştiriciliği için daha iyi bir büyüme performansı sağladığını ve bu seviyenin 100-300 mg/L aralığında sürdürülmesinin önemini vurgulamışlardır.

Emerenciano vd. (2012b) tarafından sınırlı su değişimi yapılan havuzlarda karides (*Farfantepenaeus brasiliensis*) yetiştiriciliğinde biyoyumak teknolojisi yem kaynağı olarak değerlendirilmiştir. Çalışmada, deneme sonu canlı ağırlık ve biyomas bakımından biyoyumak uygulanan grupların kontrol grubuna göre daha iyi gelişim gösterdiklerini kayıt etmişlerdir. Çalışma ile biyoyumağın besinsel kalitesinin *F. brasiliensis* larva yetiştiriciliğinde büyümeyi artırma niteliği bakımından önemli görüldüğü bildirilmiştir.

Zhao vd. (2012), *Marsupenaeus japonicus* üretiminde yoğun stoklama ve sıfır su değişimi koşullarında biyoyumak teknolojisinin etkinliğini araştırmışlardır. Biyoyumak uygulanan grubun amonyak ve nitrit düzeylerinin kontrol grubuna göre istatistiki olarak daha düşük seviyelerde saptandığını bildirmişlerdir. Biyoyumak uygulanan grubun karides verimi bakımından kontrol grubuna oranla % 41,3 daha yüksek seviyelerde sonuç verdiğini, benzer şekilde %12,0 daha yüksek protein etkinlik oranı ve %7,22 daha iyi yem dönüşüm oranı belirlediklerini kayıt etmişlerdir. Biyoyumak teknolojisinin *M. japonicus* yetiştiriciliğinde yüksek stok yoğunluğu ve sıfır su değişimi koşullarında etkin bir araç olarak kullanılabileceğini ifade etmişlerdir.

Xu vd. (2013), biyoyumak uygulamasının juvenil karides (*Litopenaeus vannamei*) yetiştiriciliğinde immun yanıtı ve antioksidan aktivitesine etkisini araştırdıkları çalışmada, biyoyumak gruplarında sıfır su değişimi koşullarında iki farklı karbon/azot oranı 15:1 ve 20:1 belirlemişler, kontrol grubu için

ise su değişimi yapıldığını belirtmişlerdir. Biyoyumak gruplarında toplam hemosit fagositik aktivitesinin ve hemolenf içerisindeki toplam hemosit miktarının kontrol grubuna göre daha yüksek seviyede bulunduğunu, benzer şekilde hepatopankreas ve plazmada toplam antioksidan kapasitenin de kontrol grubuna oranla daha yüksek saptandığı kayıt edilmiştir. Sıfır su değişimi koşullarında karbonhidrat ilavesiyle oluşturulan biyoyumağın karides yetiştiriciliğinde immun hücresel yanıt ile antioksidan seviyesini artırdığını bildirmişlerdir.

Furtado vd. (2015), biyoyumak uygulaması ile karides (*Litopenaus vannamei*) yetiştiriciliğinde nitrat toksisitesinin (75 (kontrol), 150, 300 ve 600 mg NO₃ - N/L) etkisini araştırmışlardır. Artan nitrat seviyelerinin ortalama olarak yaşama oranını düşürdüğünü, canlı ağırlık, ağırlık kazancı ve yem dönüşüm oranı bakımından yüksek nitrat seviyelerinin istatistiki olarak olumsuz etkilendiğini, haftalık canlı ağırlık kazancı ve yaşama oranı bakımından ise artan nitrat seviyesiyle negatif bir korelasyonun saptadıklarını belirtmişlerdir. Yüksek nitrat seviyelerinin; solungaç ve hepatopankreasta histopatolojik hasara da neden olduğunu bildirmişlerdir.

Peixoto vd. (2018) *Litopenaeus vannamei* yetiştiriciliğinde biyoyumak uygulaması ile birlikte yemleme sıklığının rejimlerinin büyüme performansı ve enzim aktivitesi üzerine etkilerini belirledikleri çalışmada; günde üç kez yemlemenin büyüme performansı ve enzim aktivitesini artırdığını kaydetmişlerdir.

Moreno-Arias vd. (2018) düşük tuzlulukta (%5) *Litopenaeus vannamei* yetiştiriciliğinde balık unu yerine bitkisel protein karışımı kullanımının biyoyumak varlığında etkisini araştırmışlardır. Biyoyumağın yüksek kalitede protein ve esansiyel yağ asitlerini sağlayabileceğini ve kısmen de balık unu yerine ikame edilebileceğini belirtmişlerdir.

Balıklar üzerine yapılan çalışmalar

Biyoyumak teknolojisi, eklemcabaklı canlıların yetiştiriciliğinde etkin olarak son yıllarda kullanılmaya başlasa da balık yetiştiriciliği açısından çalışmaların oldukça sınırlı olduğu özellikle de tilapya balıklarına odaklı gerçekleştiği anlaşılmaktadır. **Azim vd. (2008)**'e göre biyoyumak içeriği balık yetiştiriciliğinde ve su kalitesini artırmada etkin olarak kullanılabilir. Bu yaklaşımla başlayan çalışmalar incelendiğinde; **Azim ve Little (2008)**, tilapya (*Oreochromis niloticus*) yetiştiriciliğinde su kalitesi, biyoyumak kompozisyonu, büyüme ve balık refahı üzerine yaptıkları çalışmada; biyoyumak uygulamasıyla birlikte iki farklı ham protein oranına sahip yem (%35 ve 24) verilen balıklar ile biyoyumak uygulanmaksızın %35 ham proteinli yem (kontrol grubu) verdikleri balıkları karşılaştırmışlardır. Balık üretiminin biyoyumak uyguladıkları gruplarda kontrol grubuna kıyasla %45 daha yüksek ürün elde ettiklerini bununla birlikte biyoyumak uygulamaları arasında yemdeki protein oranlarının değişiminin büyümede istatistiki açıdan farklılık yaratmadığını belirtmişlerdir. Balık refahı açısından yaptıkları

değerlendirmede biyoyumak uygulanan gruplara ait balıklarda; yüzgeç, solungaç histolojisi, kan parametreleri, hematokrit ve plazma kortisol seviyelerinin kontrol grubu ile karşılaştırıldığında farklılık göstermediğini bu anlamda biyoyumak varlığının balıklar üzerinde stres faktörü olarak olumsuz bir etkiye neden olmadığını da bildirilmiştir.

Ekasari ve Maryam (2012), farklı stok yoğunluklarında (25, 50 ve 100 balık/m³) tilapya (*Oreochromis sp.*) yetiştiriciliği yapılan tanklarında biyoyumak uygulamasının üretim performansı ve su kalitesi üzerine etkilerini incelemişlerdir. Yetiştiricilikte kritik önemi olan azotlu bileşiklerden toplam amonyak azotu ve nitrit seviyelerinin biyoyumak grubunda kontrol grubuna kıyasla daha düşük bulunduğunu, en yüksek yaşama oranının ise 25 balık/m³ stok yoğunluğunda biyoyumak uygulanan grupta saptandığını bildirmişlerdir.

Luo vd. (2013) biyoyumak teknolojisini kullanarak yetiştiricilikten kaynaklı atıkların uzaklaştırılması üzerine yaptıkları çalışmada; inorganik azot dinamiklerini araştırmışlardır. Çalışmada *Scortum barcoo* türü kullanıldığını ve iki farklı deneme düzeninde (birinde sisteme ardışık kesikli reaktörlerde organik karbon kaynağı olarak glukoz ilave edilirken diğer grupta bir karbon kaynağı kullanılmadan) yetiştiricilikten gelen amonyumun heterotrofik bakteriler tarafından kullanıldığını ve yeterli miktarda karbon kaynağı ilavesi ile biyoyumak oluşumunun gerçekleştiğini belirtmişlerdir. Çalışmanın 6 haftalık dilimi içerisinde glukoz eklenen grupta amonyum konsantrasyonunun 13,22±0.98 mg N/L'den 0,40±0.02 mg N/L'ye, nitrat konsantrasyonu ise ilk 5 hafta içinde 72,41±1.34 mg N/L'den 0,10±0.02 mg N/L'ye düşerek keskin bir azalma gösterdiği bildirilmiştir.

Long vd. (2015), fiberglas tanklarda biyoyumak teknolojisinin tilapya (*Oreochromis niloticus*) balıklarında büyüme, sindirim aktivitesi, hematoloji ve immun yanıt üzerine etkilerini sıfır su değişiminde araştırmışlardır. Nitrit ve nitrat konsantrasyonlarının biyoyumak uygulanan tanklarda kontrol grubuna göre daha düşük seviyelerde saptandığı belirtilmiştir. Kontrol grubuyla karşılaştırıldığında, biyoyumak uygulanan grubun canlı ağırlığı, ağırlık kazancı ve protein etkinlik oranlarının daha yüksek seviyede bulunduğunu, benzer şekilde yem dönüşüm oranının da daha düşük seviyede belirlendiğini kaydetmişlerdir. Karaciğerde tripsin ve amilaz seviyelerinin her iki grup için istatistiki olarak benzerlik gösterdiğini, lipaz aktivitesinin ise biyoyumak grubunda daha yüksek seviyede bulunduğunu bildirmişlerdir. Bağırsak tripsin ve lipaz seviyelerinin her iki grupta da farklılık göstermediğini, amilaz aktivitesinin ise biyoyumak grubunda daha yüksek seviyede saptandığını belirtmişlerdir. Hematoloji analizleri bakımından iki grupta da farklılık görülmediği bildirilmiştir. Araştırmacılar biyoyumak uygulamalarının; iyi su kalitesini sürdürmede, yemden faydalanmada ve büyüme performansında etkinlik sağladığını, balıklarda sindirim enzimleri aktivitesini artıran bir araç olduğunu da ifade etmişlerdir. **Bakhshi vd. (2018b)**, sazan balıklarında biyoyumak uygulamasında farklı karbon kaynaklarının büyüme performansı, kan parametreleri ve immün sistem üzerindeki etkilerini incelemişler, karbon kaynağı

olarak mısır nişastası kullanılmasının bağımsızlık sistemini geliştirdiğini ve hastalık dayanımını arttırdığını rapor etmişlerdir. Farklı karbon kaynaklarının araştırıldığı bir diğer çalışmada da [Deng vd. \(2018\)](#) *Pelteobagrus vachelli* yetiştiriciliğinde biyoyumağın yapısı ve mikrobiyal topluluk çeşitliliği üzerine etkilerini belirlemişlerdir. Biyoyumak teknolojisinde karbon kaynağı olarak selüloz kullanımının bakteriyel çeşitlilik açısından tapiyoka nişastasına göre daha faydalı olduğunu bildirmişler, her iki karbon kaynağı uygulamasında da biyoyumak teknolojisinin azotlu ürünleri uzaklaştırmada etkin olduğuna ve amonyak okside eden bakteri topluluklarının gelişimine katkıda bulunduğuna da dikkat çekmişlerdir.

[Fauji vd. \(2018\)](#) tarafından karabalık (*Clarias gariepinus*) yetiştiriciliğinin biyoyumak uygulamasıyla farklı stok yoğunluklarında denendiği çalışmada biyoyumak teknolojisinin büyüme performansı, yemden yararlanma, enfeksiyonlara karşı dayanım ve yetiştiriciliğin ticari karlılığı bakımından pozitif yönlerinin dikkat çektiğini vurgulamışlardır. Araştırmacılar biyoyumak teknolojisi ile tanklara 8 larva/L stok yoğunluğu uygulamasının üretimde uygun olabileceğini tavsiye etmişlerdir.

SONUÇ

Su ürünleri yetiştiriciliğinde biyoyumak teknolojisine yönelik çalışmaların sınırlı düzeyde olduğu ve özellikle de son yıllarda ağırlık kazandığı anlaşılmaktadır. Biyoyumak teknolojisinin yetiştiricilik uygulamalarında kullanılmasının, büyüme ve su kalitesinde yaşanan bazı sorunların minimize edilmesinde aktif rol oynayabileceği ve bununla birlikte bu teknolojinin yetiştiricilik çalışmalarında daha fazla yer bulacağı üretim sistemlerinin gelecekte uygulamaya gireceği düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

- Aquacop, (1975). Maturation and spawning in captivity of penaeid shrimp: *Penaeus merguensis* de Man, *Penaeus japonicus* Bate, *Penaeus aztecus* Ives, *Metapenaeus ensis* de Haan and *Penaeus semisulcatus* de Haan. In: Proceedings of the Sixth Annual Meeting World Mariculture Society (ed. by J.W. Avault & R. Miller), pp. 123–129. Louisiana State University, Baton Rouge.
- Anand, P. S., Kohli, M. P. S., Kumar, S., Sundaray, J. K., Roy, S. D., Venkateshwarlu, G., Sinha, A. & Pailan, G. H. (2014). Effect of dietary supplementation of biofloc on growth performance and digestive enzyme activities in *Penaeus monodon*. *Aquaculture*, 418, 108-115.
DOI: [10.1016/j.aquaculture.2013.09.051](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.09.051)
- Arnold, S.J., Coman, F.E., Jackson, C.J. & Groves, S.A. (2009). High-intensity, zero water exchange production of juvenile tiger shrimp, *Penaeus monodon*: An evaluation of artificial substrates and stocking density. *Aquaculture*, 293, 42-48. DOI: [10.1016/j.aquaculture.2009.03.049](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.03.049)
- Avnimelech, Y. (2006). Bio-filters: the need for a new comprehensive approach. *Aquacultural engineering*, 34(3), 172-178.
DOI: [10.1016/j.aquaeng.2005.04.001](https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2005.04.001)
- 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.

Dünyada uygulanan bütün üretim sistemlerinde belirli noktalarda sorunlarla karşılaşılabilir gibi biyoyumak teknolojisi de bazı dezavantajlar barındırmaktadır. Bunların başında üretimi gerçekleştiren özel sektörün biyoyumak teknolojisini uygulamaya ikna edilmesi gelmektedir. Bu sorun su ürünleri yetiştiriciliğinde yaygın görüş olan suyun temiz ve berrak olması gerekliliğinden ileri gelmektedir. Biyoyumak teknolojisinde suda fazla miktarda askıda katı madde varlığından kaynaklanan önyargının aşılabilmesi konusu su ürünleri yetiştiriciliği için alternatif bir yaklaşım olarak sunulan bu teknolojinin geleceği açısından tartışılmalıdır.

Su ürünleri yetiştiriciliğinde biyogüvenlik yaklaşımına uygun stratejiler geliştirilmesi ve pratiğe dönüştürülmesi önceliklerimizden biridir. Son yıllarda yetiştiricilikten gelen üretim miktarlarının artması, patojen kaynaklı hastalıkların ortaya çıkmasına ve güvenli üretimin tartışılmasına neden olmaktadır. Bu çerçevede, üreticilerin riskleri minimize edecek uygulamalara yönelmeleri ve daha güvenli yetiştiricilik koşullarını temin etmeleri beklenmektedir. Biyoyumak teknolojisi, açık bir şekilde patojen organizmaların yetiştiricilik ortamında azaltılmasını sağlamakta ve biyogüvenlik olgusunu destekler nitelikte faydalar sunmaktadır.

Dünyada giderek büyüyen su ürünleri yetiştiriciliği, çevre dostu, canlı ağırlık kazancında artış sağlayan ve düşük maliyet oranları sunan uygulamalara ihtiyaç duymaktadır. Biyoyumak teknolojisinin su ürünleri yetiştiriciliğinde çeşitli araştırmalarda da gösterildiği üzere, amonyaklı bileşiklerin uzaklaştırılmasında, yem dönüşüm oranını iyileştirmede ve atıkların tekrar yem niteliği kazanarak yeniden kullanılması gibi birçok katkı getirdiği anlaşılmaktadır. Sonuç olarak ülkemiz yetiştiricilik sektöründe biyoyumak teknolojisi kullanılarak kapsamlı araştırmaların gerçekleştirilmesi ve fayda getirecek yeni uygulamaların denemesi su ürünleri yetiştiriciliğimizin devamlılığı açısından önemli olacaktır.

DOI: [10.1016/j.aquaculture.2008.06.036](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.06.036)

- Azim, M. E., Little, D. C. & Bron, J. E. (2008). Microbial protein production in activated suspension tanks manipulating C: N ratio in feed and the implications for fish culture. *Bioresource Technology*, 99(9), 3590-3599.
DOI: [10.1016/j.biortech.2007.07.063](https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.07.063)
- Bakhshi, F., Najdegerami, E. H., Manaffar, R., Tukmechi, A. & Farah, K. R. (2018a). 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. DOI: [10.1016/j.aquaculture.2017.11.036](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.11.036)
- Bakhshi, F., Najdegerami, E. H., Manaffar, R., Tokmechi, A., Farah, K. R. & Jalali, A. S. (2018b). Growth performance, haematology, antioxidant status, immune response and histology of common carp (*Cyprinus carpio* L.) fed biofloc grown on different carbon sources. *Aquaculture Research*, 49(1), 393-403. DOI: [10.1111/are.13469](https://doi.org/10.1111/are.13469)
- Ballester, ELC., Abreu, PC., Cavalli, RO., Emerenciano, M., Abreu, L. & Wasielesky, W. (2010). Effect of practical diets with different protein levels on the performance of *Farfantepenaeus paulensis* juveniles nursed in a zero exchange suspended microbial flocs intensive system. *Aquaculture Nutrition*, 16, 163-172. DOI: [10.1111/j.1365-2095.2009.00648.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2009.00648.x)
- Chen, J., Ren, Y., Wang, G., Xia, B. & Li, Y. (2018). Dietary supplementation of biofloc influences growth performance, physiological stress, antioxidant

- status and immune response of juvenile sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Selenka). *Fish & shellfish immunology*, 72, 143-152. DOI: [10.1016/j.fsi.2017.10.061](https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.10.061)
- Crab, R., Avnimelech, Y., Defoirdt, T., Bossier, P. & Verstraete, W. (2007). Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. *Aquaculture*, 270: (1-4), 1-14. DOI: [10.1016/j.aquaculture.2007.05.006](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.05.006)
- 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(4), 559-567. DOI: [10.1111/j.1365-2109.2009.02353.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2009.02353.x)
- Crab, R., Defoirdt, T., Bossier, P. & Verstraete, W. (2012). Biofloc technology in aquaculture: beneficial effects and future challenges. *Aquaculture*, 356, 351-356. DOI: [10.1016/j.aquaculture.2012.04.046](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.04.046)
- Crab, R., Kochva, M., Verstraete, W. & Avnimelech, Y. (2009). Bio-flocs technology application in over-wintering of tilapia. *Aquacultural Engineering*, 40(3), 105-112. DOI: [10.1016/j.aquaeng.2008.12.004](https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2008.12.004)
- Dauda, A. B., Romano, N., Ebrahimi, M., Teh, J. C., Ajadi, A., Chong, C. M., Karim, M., Natrah, I. & Kamarudin, M. S. (2018). Influence of carbon/nitrogen ratios on biofloc production and biochemical composition and subsequent effects on the growth, physiological status and disease resistance of African catfish (*Clarias gariepinus*) cultured in glycerol-based biofloc systems. *Aquaculture*, 483, 120-130. DOI: [10.1016/j.aquaculture.2017.10.016](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.10.016)
- 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. DOI: [10.1016/j.aquaculture.2017.09.030](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.09.030)
- Ekasari, J. & Maryam, S. (2012). Evaluation of biofloc technology application on water quality and production performance of red tilapia *Oreochromis sp.* cultured at different stocking densities. *HAYATI Journal of Biosciences*, 19(2), 73-80. DOI: [10.4308/hjb.19.2.73](https://doi.org/10.4308/hjb.19.2.73)
- Ekasari, J., Angela, D., Waluyo, S. H., Bachtiar, T., Surawidjaja, E. H., Bossier, P. & De Schryver, P. (2014). The size of biofloc determines the nutritional composition and the nitrogen recovery by aquaculture animals. *Aquaculture*, 426, 105-111. DOI: [10.1016/j.aquaculture.2014.01.023](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.01.023)
- 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. DOI: [10.1016/j.aquaculture.2015.02.019](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.02.019)
- Emerenciano, M., Ballester, E. L., Cavalli, R. O. & Wasielesky, W. (2011b). Effect of biofloc technology (BFT) on the early postlarval stage of pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis*: growth performance, floc composition and salinity stress tolerance. *Aquaculture International*, 19(5), 891-901. DOI: [10.1007/s10499-010-9408-6](https://doi.org/10.1007/s10499-010-9408-6)
- Emerenciano, M., Cuzon, G., Goguenheim, J. & Gaxiola, G. (2012a). Floc contribution on spawning performance of blue shrimp *Litopenaeus stylirostris*. *Aquaculture Research*, 44(1), 75-85.
- Emerenciano, M., Ballester, E. L., Cavalli, R. O. & Wasielesky, W. (2012b). Biofloc technology application as a food source in a limited water exchange nursery system for pink shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817). *Aquaculture Research*, 43(3), 447-457. DOI: [10.1111/j.1365-2109.2011.02848.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2011.02848.x)
- Emerenciano, M., Cuzon, G., Paredes, A. & Gaxiola, G. (2013a). Evaluation of biofloc technology in pink shrimp *Farfantepenaeus duorarum* culture: growth performance, water quality, microorganisms profile and proximate analysis of biofloc. *Aquaculture International*, 21(6), 1381-1394. DOI: [10.1007/s10499-013-9640-y](https://doi.org/10.1007/s10499-013-9640-y)
- Emerenciano, M., Gaxiola, G. & Cuzon, G. (2013b). Biofloc technology (BFT): a review for aquaculture application and animal food industry. In: Matovic MD (ed.) *Biomass Now - Cultivation and Utilization*, pp. 301-328. InTech, Queen's University, Belfast, Canada.
- FAO (2015). *FAO Global Aquaculture Production statistics database updated to 2013: Summary information*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- 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*. 00, 1-8. DOI: [10.1111/are.13595](https://doi.org/10.1111/are.13595)
- Furtado, P. S. Campos, B. R., Serra, F. P., Klosterhoff, M., Romano, L. A., & Wasielesky, W. (2015). Effects of nitrate toxicity in the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, reared with biofloc technology (BFT). *Aquaculture International*, 23(1), 315-327. DOI: [10.1007/s10499-014-9817-z](https://doi.org/10.1007/s10499-014-9817-z)
- Gaona, C. A. P., Almeida, M. S., Viau, V., Poersch, L. H. & Wasielesky, W. (2017). Effect of different total suspended solids levels on a *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) BFT culture system during biofloc formation. *Aquaculture Research*, 48(3), 1070-1079. DOI: [10.1111/are.12949](https://doi.org/10.1111/are.12949)
- Gaona, C. A. P., Poersch, L. H., Krummenauer, D., Foes, G. K. & Wasielesky, W. J. (2011). The effect of solids removal on water quality, growth and survival of *Litopenaeus vannamei* in a biofloc technology culture system. *International Journal of Recirculating Aquaculture*, 12(1).
- Hargreaves, J. A. (2006). Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. *Aquacultural engineering*, 34(3), 344-363. DOI: [10.1016/j.aquaeng.2005.08.009](https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2005.08.009)
- Hargreaves, J. A. (2013). Biofloc production systems for aquaculture. *Southern Regional Aquaculture Center*.
- Krummenauer, D., Peixoto, S., Cavalli, R. O., Poersch, L. H. & Wasielesky, W. (2011). Superintensive culture of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in a biofloc technology system in southern Brazil at different stocking densities. *Journal of the World Aquaculture Society*, 42(5), 726-733.
- Kuhn, D. D., Lawrence, A. L., Boardman, G. D., Patnaik, S., Marsh, L. & Flick, G. J. (2010). Evaluation of two types of bioflocs derived from biological treatment of fish effluent as feed ingredients for Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 303(1), 28-33. DOI: [10.1016/j.aquaculture.2010.03.001](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.03.001)
- 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. DOI: [10.1016/j.aquaculture.2015.05.017](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.05.017)
- Luo, G. Z., Avnimelech, Y., Pan, Y. F. & Tan, H. X. (2013). Inorganic nitrogen dynamics in sequencing batch reactors using biofloc technology to treat aquaculture sludge. *Aquacultural Engineering*, 52, 73-79. DOI: [10.1016/j.aquaeng.2012.09.003](https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2012.09.003)
- 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. DOI: [10.1016/j.fsi.2017.03.025](https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.03.025)
- Megahed, M. E. (2010). The effect of microbial biofloc on water quality, survival and growth of the green tiger shrimp (*Penaeus semisulcatus*) fed with different crude protein levels. *Journal of the Arabian Aquaculture Society*, 5(2), 119-142.
- Mishra, J. K., Samocha, T. M., Patnaik, S., Speed, M., Gandy, R. L. & Ali, A. M. (2008). Performance of an intensive nursery system for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, under limited discharge condition. *Aquacultural Engineering*, 38(1), 2-15. DOI: [10.1016/j.aquaeng.2007.10.003](https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2007.10.003)
- Moreno-Arias, A., López-Elías, J. A., Martínez-Córdova, L. R., Ramírez-Suárez, J. C., Carvallo-Ruiz, M. G., García-Sánchez, G., Lugo-Sánchez, M. E. & Miranda-Baeza, A. (2018). Effect of fishmeal replacement with a vegetable protein mixture on the amino acid and fatty acid profiles of diets, biofloc and shrimp cultured in BFT system. *Aquaculture*, 483, 53-62. DOI: [10.1016/j.aquaculture.2017.10.011](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.10.011)
- 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(2), 457-465.
- Peixoto, S., Silva, E., Costa, C. B., Nery, R. C., Rodrigues, F., Silva, J. F., Bezerra, R. & Soares, R. (2018). Effect of feeding frequency on growth

- and enzymatic activity of *Litopenaeus vannamei* during nursery phase in biofloc system. *Aquaculture Nutrition*, 24(1), 579-585.
DOI: [10.1016/j.aquaculture.2017.10.011](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.10.011)
- Ray, A. J., Dillon, K. S. & Lotz, J. M. (2011). Water quality dynamics and shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production in intensive, mesohaline culture systems with two levels of biofloc management. *Aquacultural Engineering*, 45(3), 127-136. DOI: [10.1016/j.aquaeng.2011.09.001](https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2011.09.001)
- Samocha, T.M., Patnaik, S., Speed, M., Ali, A.M., Burger, J.M., Almeida, R.V., Ayub, Z., Samocha, T. M., Patnaik, S., Speed, M., Ali, A. M., Burger, J. M., Almeida, R. V. & Brock, D. L. (2007). Use of molasses as carbon source in limited discharge nursery and grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*. *Aquacultural Engineering*, 36(2), 184-191.
DOI: [10.1016/j.aquaeng.2006.10.004](https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2006.10.004)
- Schweitzer, R., Arantes, R., Costódio, P. F. S., do Espírito Santo, C. M., Arana, L. V., Seiffert, W. Q. & Andreatta, E. R. (2013). Effect of different biofloc levels on microbial activity, water quality and performance of *Litopenaeus vannamei* in a tank system operated with no water exchange. *Aquacultural Engineering*, 56, 59-70. DOI: [10.1016/j.aquaeng.2013.04.006](https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2013.04.006)
- Silva, K. R., Wasielesky, W. & Abreu, P. C. (2013). Nitrogen and phosphorus dynamics in the biofloc production of the pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 44(1), 30-41.
- Souza, D. M., Suita, S. M., Romano, L. A., Wasielesky, W. & Ballester, E. L. C. (2014). Use of molasses as a carbon source during the nursery rearing of *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817) in a Biofloc technology system. *Aquaculture Research*, 45(2), 270-277.
DOI: [10.1111/j.1365-2109.2012.03223.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2012.03223.x)
- Xu, W. J., Pan, L. Q., Sun, X. H. & Huang, J. (2013). Effects of bioflocs on water quality, and survival, growth and digestive enzyme activities of *Litopenaeus vannamei* (Boone) in zero-water exchange culture tanks. *Aquaculture Research*, 44(7), 1093-1102.
DOI: [10.1111/j.1365-2109.2012.03115.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2012.03115.x)
- Xu, W. J. & Pan, L. Q. (2013). Enhancement of immune response and antioxidant status of *Litopenaeus vannamei* juvenile in biofloc-based culture tanks manipulating high C/N ratio of feed input. *Aquaculture*, 412, 117-124. DOI: [10.1016/j.aquaculture.2013.07.017](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.07.017)
- Zhao, P., Huang, J., Wang, X. H., Song, X. L., Yang, C. H., Zhang, X. G. & Wang, G. C. (2012). The application of bioflocs technology in high-intensive, zero exchange farming systems of *Marsupenaeus japonicus*. *Aquaculture*, 354, 97-106.
DOI: [10.1016/j.aquaculture.2012.03.034](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.03.034)