



Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde Prebiyotikler ve Önemi

Arzu Özlüer-Hunt*, Ferbal Özkan-Yılmaz, Mükerrerem Çetinkaya

Mersin Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, 33169 Mersin, Türkiye

MAKALE BİLGİSİ

Geliş 09 Temmuz 2015
Kabul 04 Ağustos 2015
Çevrimiçi baskı, ISSN: 2148-127X

Anahtar Kelimeler:

Prebiyotik
Oligosakkarit
Inulin
Su ürünleri yetiştiriciliği
Balık sağlığı

ÖZET

Dünya yetiştiricilik sektörü son yıllarda hızla büyümektedir. Artan üretim miktarına bağlı olarak yetiştiricilik yöntemleri ve yetiştiricilik teknikleri de gelişmektedir. Yetiştiricilik de kullanılan metotların gelişmesiyle birlikte su kirliliği artmakta, balıklarda stres oluşmakta, yem kalitesi azalmakta ve su içerisinde bulunan bakteri, parazit ve virüslerin hastalık etkisi çoğalmakta ve büyümeyi baskılamaktadır. Bu yüzden son yıllarda balık sağlığını iyileştirmek amacıyla prebiyotik gibi alternatif maddelerin kullanımı yaygınlaşmaktadır. Prebiyotik madde, sindirilemeyen besin içerikleridir ve vücuda alındığında yararlı bazı bakterilerin kolon içerisinde gelişimini teşvik eder. Bu derlemede, bazı prebiyotiklerin potansiyel etkileri ve yetiştiricilik açısından önemi vurgulanmıştır.

* Sorumlu Yazar:

E-mail: huntarzu@hotmail.com

Turkish Journal Of Agriculture - Food Science And Technology, 3(10): 841-848, 2015

Importance of Prebiotic in Aquaculture

ARTICLE INFO

Article history:

Received 09 July 2015
Accepted 04 August 2015
Available online, ISSN: 2148-127X

Keywords:

Prebiotic
Oligosaccharide
Inuline
Aquaculture
Fish health

ABSTRACT

The world aquaculture industry shows a rapid increase in production recently. Depending on production methods, culture techniques and culture methods are also developing. With developing culture methods, decrease of water quality, increase of stress, decrease of food quality, increase bacterial, viral or parasite infections can suppress on growth. Lately the use of alternative materials such as prebiotics widespread to improve the health of the fish. A prebiotic is a non-digestible food ingredient that beneficially affects the host by selectively stimulating the growth and/or the activity of one or a limited number of bacteria in the colon. In this review, the importance and potential effects of some prebiotics are emphasized in aquaculture.

* Corresponding Author:

E-mail: huntarzu@hotmail.com

Giriş

Dünyadaki hızlı nüfus artışına paralel olarak insanların ihtiyaç duydukları gıda miktarı da her geçen gün artmaktadır. İçerdiği protein ve mineral maddeler nedeniyle su ürünleri artan gıda ihtiyacını karşılamak için en önemli ve en sağlıklı alternatiflerden biridir. Su ürünlerinin doğal kaynaklardan avcılık yoluyla elde edilebilen miktarının dünya nüfusunun ihtiyacını tam olarak karşılayamaması nedeniyle kültür koşullarında üretimi giderek artan bir öneme sahiptir. Günümüzde balık eti dünya gıda üretiminde %1’lik bir katkı sağlarken, toplam protein üretiminin %5’ini, toplam hayvansal protein kaynağının da %14’ünü oluşturmaktadır. Dünyanın karşı karşıya kaldığı açlık problemi ve insan sağlığı üzerine yaptığı olumlu katkılar göz önüne alındığında balık, insan gıdası olarak gelecek yıllarda daha fazla kullanılacaktır. (Hoşsu ve ark., 2001). Ayrıca balık eti besin değeri yönünden zengindir. Bu da insan beslenmesi için önemini ortaya koymaktadır. Bazı deniz ve tatlı su balıklarının besin bileşenleri Çizelge 1’de gösterilmektedir.

Dünyanın pek çok bölgesinde su ürünleri avcılık yoluyla doğal alanlar kullanılarak sağlanmaktadır. Ancak doğal alanlardaki su ürünleri stoklarının devamlı olarak artan dünya nüfusunun gereksinimlerini karşılayamaması bizleri kültür koşullarında su ürünleri üretimine yönlendirmektedir. Dünyada belirli alanlarda yoğunlaşan su ürünleri yetiştiriciliği ise istenilen seviyede üretim olmaması sebebiyle insanların talebine tam anlamıyla cevap verememektedir.

Dünya Bankası 2030 yılına kadar üzerinde durulması gereken üç temel temadan biri, yetiştiricilik yoluyla üretilen balıkların üretimi esnasında kullanılan ham maddelerin ucuz sağlanması için gerekli alternatif katkı maddelerinin temin edilmesi ve balık sağlığı konusunda çalışmaların yoğunlaştırılarak üretilen ürünün dünyadaki eksikliğini hızlı bir şekilde giderilmesi olarak belirlenmiştir (World Bank Report, 2013).

Su ürünleri yetiştiriciliğinde verimliliği artırma adına sürekli çalışmalar yapılarak birim alandan elde edilen ürün miktarının artırılması ve elde edilen ürünlerin hızlı, kaliteli, ucuz ve en az kayıpla pazara sunulmaları büyük önem taşımaktadır. Verimliliği arttırmak için yapılan çalışmalarda insan sağlığı ve ekosistem için zararlı kimyasallar içeren ve kalıntı bırakan sentetik maddeler yerine, doğal olarak elde edilebilen maddeler kullanmak da sürdürülebilir bir üretim dolayısıyla geleceğimiz için son derece önemli bir konudur.

Su ürünlerinin besin ihtiyaçları hakkındaki bilgilerin artması ile kullanılan yemin kalitesini arttırmak, yetiştiriciliği yapılacak türlerin gelişimini hızlandırmak, hastalıklara daha dirençli ürün elde etmek için farklı hammaddelerin ve yem katkı maddelerinin kullanımı da gündeme gelmeye başlamıştır. Uzun bir süre su ürünleri yetiştiriciliğinde hastalıklardan korunma ve kontrol amacıyla kullanılan en yaygın metot antibiyotik, pestisit ve diğer kimyasal maddelerin uygulanması olmuştur (Panigrahi ve ark., 2007). Ancak, yemlerde antibiyotik kullanımı, ilaçların dokularda birikimine ve bağışıklık sisteminin baskılanmasına, antibiyotiklere dirençli mikroorganizmaların gelişmesine, sucul çevreye ve insan sağlığına zarar vermesi gibi önemli yan etkileri ortaya

çıkarmıştır. Bu nedenle bizimde ülkemizin içinde bulunduğu pek çok ülkede, balık yemlerinde yem katkı maddesi olarak antibiyotik kullanımı Avrupa Birliği (AB) tarafından tamamen yasaklanmıştır (Boix ve ark., 2014). Bu karar AB’ye hayvansal gıda ürünleri satan ülkeleri doğrudan bağlamaktadır. Bu yüzden su ürünleri yetiştiriciliğinde hem yüksek verim elde etmek amacıyla hem de sağlıklı bireylerin gelişimine katkıda bulunmak amacıyla alternatif yem katkılarına gerek duyulmaktadır. Bu katkı maddeleri probiyotik, prebiyotik, organik asitler, immünoestimulantlar ve çeşitli enzimlerdir (Barug ve ark., 2006).

Prebiyotikler

Son yıllarda bazı besinlerin “doğal” yollardan hastalıkların önlenmesi ve tedavisindeki etkinliğinin bilimsel olarak ortaya konması, insan ve hayvan sağlığının korunmasında beslenme desteğinin önemini arttırmıştır. Prebiyotik terimi için çeşitli tanımlamalar bulunmakla birlikte ilk kez Gibson ve Roberfroid (1995) tarafından; canlının büyümesini ve / veya kolon içinde sınırlı sayıda bakterinin aktivitesini seçici olarak uyararak konak canlıyı faydalı şekilde etkileyen ve bu nedenle konak sağlığını geliştiren sindirilmeyen gıda katkı maddeleri olarak tanımlanmıştır.

En yaygın olarak bilinen prebiyotik maddeler oligosakkaritlerdir (Shin ve ark., 2000). Oligosakkaritler, glikozidik bağla bağlı, 3-10 monosakkarit ünitesinden oluşan sindirilemeyen ürünlerdir ve hindiba, yerelması, pırasa, enginar, buğday, soya, kurubaklagiller, muz, soğan, sarımsak, kuşkonmaz ve domates gibi bitkilerde doğal olarak bulunmalarının yanı sıra ticari olarak polisakkaritlerin enzimatik hidrolizi ile veya monosakkarit ve/veya disakkaritlerden sentezlenerek üretilmektedir (Manning ve Gibson, 2004).

Bazı oligosakkaritler sindirim enzimlerine karşı dayanıklıdır ve sindirilemeden kalın bağırsaklara geçerek orada bulunan probiyotik sakkarolitik bakterilerin fermantasyonu için zemin hazırlarlar. Bu maddeler vücutta ya kısmen parçalanır ya da hiç parçalanmaz (Milner, 1999). Dayanıklı nişasta ve nişasta olmayan oligosakkaritler bağırsak gıdaları olarak sınıflandırılırlar; fakat prebiyotik değildirler. Çünkü bunlar probiyotik bakteriler tarafından fermente edilememektedirler (O’Sullivan, 1996). Bazı araştırmacıların çalışmalarına göre, kolona ulaşan gıda maddelerinden sindirilemeyen karbonhidratlar, bazı peptidler, proteinler ve bazı lipitler prebiyotik olmaya aday olarak belirtilmektedir (Mahious ve Ollevier, 2005; Gibson ve ark., 2004). Yapılan çalışmalar sonucunda, prebiyotik olarak kullanılacak bir madde; mide ve ince bağırsakta hidrolize veya absorbe olmamalı, kululanılacak yeme kolay eklenebilmeli, bağırsak viskozitesini düzenlemeli, kanserojen olmamalı, besinsel polisakkaritlerden elde edilebilmeli, düşük kalori değerine sahip olmalı, zararlı mikrobiyal yükü azaltmalı, düşük dozlarda etkili olmalı, yararlı bağırsak mikroplarını teşvik etmeli, herhangi bir atık etkisi üretmemeli, kolon mikroflorasındaki yararlı mikroorganizmalar için seçici olmalı ve çoğalmalarını uyararak konağa yararlı bölgesel ve sistemik etkilere sahip olmalıdır (Gibson ve Roberfroid, 1995; Milner, 1999; Yılmaz, 2004; Gibson ve

ark., 2004; Yousefian ve Amiri, 2009; Ganguly ve ark., 2009).

Prebiyotiklerin Fonksiyonel Etkileri

Prebiyotikler bazı yararlı kolon bakteri türleri olan *Bifidobacteria* spp, *Lactobacillus* spp ve *Bacteroides* spp tarafından kolayca fermente edilebilmekte ve potansiyel patojen bakteri türleri tarafından etkili kullanılamamaktadır. Fermantasyon sonucu (asetat, bütirat, propiyonat) ve laktat gibi kısa zincirli yağ asitleri (SCFA) üretilir; böylece gastro intestinal sistemde pH değerini düşürülmüş olur ve *Salmonella*, *Listeria* ve *Escherichia coli* gibi zararlı patojenlerin kolonizasyonu önlenmiş olur (Klewicki ve Klewicka, 2004). Bağırsaktaki pH'nın düşmesi ve prebiyotiklerin sahip oldukları bağlama kapasitesi nedeniyle kalsiyum, magnezyum ve demir gibi minerallerin emilimini artmaktadır (Yousefian ve Amiri, 2009). Kan, kolesterol ve trigliserid düzeylerini olumlu yönde düzenler, patojen mikroorganizmaların çoğalmasını önleyerek intestinal ve ekstraintestinal enfeksiyonun gelişme riskini azaltır, konağın bağışıklık sistemini güçlendirir, kolon kanseri gelişim riskini azaltır, laktik asit düzeyini artırır, bağırsak mukozasını iyileştirir, bağırsak villilerinin standart bir biçim almasını sağlar ve sayıca artırır, canlı ağırlık artışına sebep olur, özellikle jejunumda maltaz, aminopeptidaz ve alkali fosfataz aktivitesini artırır, dışkı hacminde artış sağlarlar (German ve ark., 1999; Milner, 1999; O'Sullivan, 1996; Holzapfel ve Schillinger, 2002; Burr ve Gatlin, 2005).

Prebiyotikler konak için enerji sağlayıcı role sahip olabilmektedir, ayrıca bağışıklık sistemini uyarıcı maddeler üreterek enfeksiyonlara karşı konakçının korunmasını arttırmaktadırlar (Mussatto ve Mancilha, 2007). Hayvan modelleri ve insanlar üzerinde yapılan çalışmalarda immünooglobulin ve sitokin seviyesini artırdığı gözlenmiştir (Fukushima ve ark., 1998; Picchiatti ve ark., 2007). Prebiyotikler vitamin ve enzimlerin bir dizi üretimi yolu ile sindirim işlevine katkıda bulunmaktadır (Ramirez ve Dixon, 2003). Prebiyotiklerin yem katkı maddesi olarak en önemli avantajı doğal yem maddeleri olmaları, yemlere eklemek için özel işlemler istememeleri, yetki gerektirmemeleri ve kolay elde edilebilir olmalarıdır (Yousefian ve Amiri, 2009).

Gastro intestinal sisteminin bazı patojenik bakterilerin gelişimi için uygun bir yer olduğu pek çok araştırma ile ortaya konulmuştur (Sugita ve ark., 2008; Ringø ve ark., 2010a). Bu durumda prebiyotik kullanımı yoluyla sucul canlılarda gastrointestinal florayı etkilemek pratik görünmektedir ve böylelikle belirli bakteri türlerinin lehine koşulları değiştirmek konak organizmanın hastalık duyarlılığını azaltıp büyüme verimliliğini arttırmak mümkün olabilmektedir (Gatlin, 2002; Burr ve ark., 2005).

Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde Prebiyotikler

Su ürünleri yetiştiriciliğinde prebiyotikler üzerine ilk çalışma 1995 yılında bildirilmiştir (Hanley ve ark., 1995). Bugüne kadar balıklarda tanımlanan ortak prebiyotikler inülin, fruktooligosakkarit (FOS), kısa zincirli fruktooligosakkarit (scFOS), mannanoligosakkaritler (MOS), galaktooligosakkaritler (GOS), ksilooligosakkaritler (XOS), arabinoksilooligosakkaritler

(AXOS), izomaltooligosakkaritler (IMO) ve GroBiotic-A olarak belirlenmiştir (Vulevic ve ark., 2004; Yousefian ve Amiri, 2009; Ringø, 2010b). Balıkların bağırsak florasında prebiyotiklerin etkileri üzerine bilinen bilgilere ek olarak bağırsak morfolojisi üzerine prebiyotik etkisini araştıran makaleler de bulunmaktadır (Ringø ve ark., 2010a). Yetiştiriciliği yapılan balıklarda kullanılan bazı prebiyotikler ve etkiledikleri bakteriler Çizelge 2'de gösterilmiştir.

Son yıllarda su ürünleri yetiştiriciliğinde, prebiyotik kullanımının patolojik bakteriyel yükü azaltmak, canlı ağırlık artışı, yemden yararlanma ve immün sistem üzerine etkileri konusunda araştırmalar artış göstermektedir (Vine ve ark., 2004; Yousefian ve Amiri, 2009).

İnulin

İnulin, düz zincirli β -(2→1) bağlarıyla bağlı fruktoz molekülleri (n~35) ile uçta sükroz molekülünden oluşan oldukça yaygın bir polifruktandır (Edelman ve Jefford, 1964). Şekil 1'de inülinin yapısı verilmiştir.

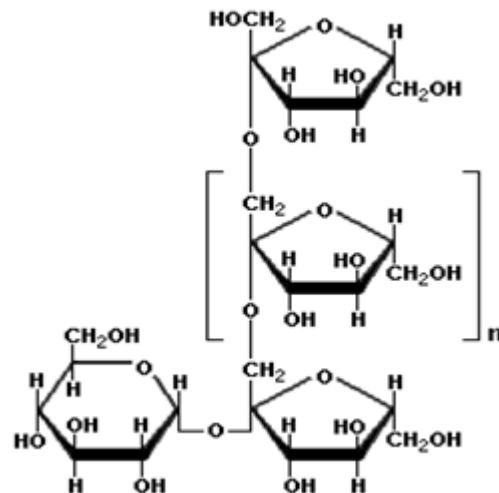
Çizelge 1. Bazı balık türlerinin besin kompozisyonu (%) (Gülyavuz ve Ünlüsayın, 1999).

Türler	Su (%)	Yağ (%)	Protein(%)	Kül (%)
Levrek	77	2,5	13,3	-
Dil	78	1,8	18,8	1,2
Yılan	61-70	8,0-31,0	14,4	1,7
Alabalık	70-79	1,2-10,8	18,8-19,1	1,8
Sazan	67	9,0	22,0	1,3

Çizelge 2 Yetiştiriciliği yapılan balıklarda kullanılan bazı prebiyotikler ve etkiledikleri bakteriler (Burr ve Gatlin, 2005).

Prebiyotik	Bakteri
IMO ^a	<i>Bifidobacterium</i> spp. <i>Lactobacillus</i> spp.
FOS ^b	<i>Lactobacillus</i> spp. <i>Bifidobacterium</i> spp.
MOS ^c GOS ^d	<i>Lactobacillus</i> spp. <i>Lactobacillus</i> spp.

^a IMO: İzomaltooligosakkarit; ^b FOS: Fruktooligosakkarit
^cMOS: Mannanoligosakkarit; ^d GOS: Galaktooligosakkarit



Şekil 1 İnülinin yapısı (Aşan ve Özcan, 2006).

İnulin doğal olarak bitkisel kaynaklardan izole edilmektedir. İnulin yenilebilir tahıllar, meyve ve buğday ile soğan, pırasa, sarımsak, kuşkonmaz, enginar gibi sebzeler ve muzda bulunmaktadır (Roberfroid, 1993). İnulin balık yemlerinde doğal bir lif olmasa da, su ürünleri yetiştiriciliğinde yararlı bağırsak bakterilerini teşvik yoluyla patojenleri bastırabilmekte ve bağışıklık yanıtını artırma özelliğine sahip olabilir (Ringø, 2010a).

Salvelinus alpinus (ortalama 218 g) ile yapılan dört haftalık bir çalışmada yeme 150 g/kg inulin eklenmiş ve sonucunda balıkların bağırsaklarında hasar meydana geldiğini ve enterositler üzerinde inulinin zarar verici etkisi gözlenmiştir. Araştırmacılar bu etkinin nedeninin katmanlı yapıları ve büyük vakuollerin birikimi ile bağlantılı olabileceğini tahmin etseler de kesin bir kanıt sunamamışlardır (Olsen ve ark., 2001). *S. alpinus* üzerine dört hafta süren başka bir çalışmada, inulinin son bağırsakta (distal bağırsak) bulunan aerobik ve fakültatif aerobik bakteriler üzerinde etkisini incelemiştir. Çalışma sonucunda yapılan analiz inulin ile beslenen balıkların son bağırsağında kolonize olmuş bakterilerin kompozisyonunda *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Carnobacterium* ve *Bacillus*'un gram-pozitif türlerinin baskın olduğunu bildirmiştir (Ringø ve ark., 2006).

Deniz suyunda yetiştirilen ortalama ağırlıkları 172 g olan Atlantik somonu (*Salmo salar*) soya küspesi ve balık ununa 75 g/kg inulin eklenmiş yemlerle beslenerek balıkların sindirim parametreleri ve bağırsak florası üzerine etkilerini değerlendirilmiştir. Araştırmacılar, bu seviyede inulinin son bağırsağa zarar vermediğini ve bağırsak villusunun artışını uyardığını ancak gastrointestinal sisteminin besin hidrolitiğini ve emme kapasitesini etkilemediğini bildirmişlerdir (Refstie ve ark., 2006).

Ibrahim ve ark. (2010), Nil tilapyası (*Oreochromis niloticus*) ile yaptıkları çalışmada yemlerine inulin eklenmiş (5 g/kg) balıkları 8 hafta süreyle beslemişler ve çalışma sonucunda inulin eklenmiş grubun kontrol grubuna göre daha iyi bir büyüme sağladığı ortaya konulmuştur. Ayrıca immün sistem parametrelerinden lizozim aktivitesini geliştirdiğini de ortaya konulmuştur.

Fruktooligosakkarit (FOS)

İnsanlarda ve karasal hayvanlarda incelenen en yaygın prebiyotik olan FOS, fruktoz ve glukoz birimlerinden oluşan tüm sindirilemeyen oligosakkaritleri (NDO) içeren genel bir terimdir (Swanson ve ark., 2002). FOS β -(2-1) glikosidik bağları ile bağlı fruktozil birimleri ve terminal glikoz ünitesine bağlı kısa ve orta zincirlerin β -D-fruktanlardır. Fruktooligosakkaritler buğday, soğan, sarımsak ve muzda daha yoğun olmak üzere birçok sebze, meyve ve tahıllarda bulunur. Fruktooligosakkarit'ler inulinin endoinülinaz enzimi tarafından hidrolizi ile elde edilir. Ayrıca *Aspergillus sp.* ve *Aureobasidium sp.* gibi bakterilerden elde edilen fruktoziltransferazlar ile sükrozdan FOS'lar üretilmektedir. Fruktoziltransferazlar, sükrozdaki fruktoza 1-3 adet fruktoz transfer ederek FOS sentezini gerçekleştirir (Yun, 1996). Şekil 2'de Fruktooligosakkaritlerin molekül yapısı verilmiştir.

Li ve ark., (2007), beyaz karides (*Litopenaeus vannamei*, 75,40±0,80 g)'leri FOS ilaveli yemlerle (0,40; 0,80; 1,20 ve 1,60 g/kg) sekiz hafta süreyle beslemişlerdir. Çalışma sonucunda FOS uygulamasının

ağırlık artışı, yaşama oranı ve yem dönüşüm oranını etkilemediği ancak bağırsak florasını etkilediği belirlenmiştir (P<0,05).

Akrami ve ark. (2013) Mersin balığı (*Acipenser stellatus*) yavrularını FOS eklenmiş (%1 ve %2) yemlerle on bir hafta boyunca beslemişlerdir. Çalışma sonucunda ağırlık kazancı, spesifik büyüme oranı (SBO), yem çevirim oranı (YÇO) ve protein etkinlik oranı (PEO) %1 FOS ilaveli yemle beslenen grupta daha iyi olarak belirlenmiştir (P<0,05). Aynı çalışmada %1 FOS eklenmiş grupta lizozim aktivitesinin arttığı saptamıştır.

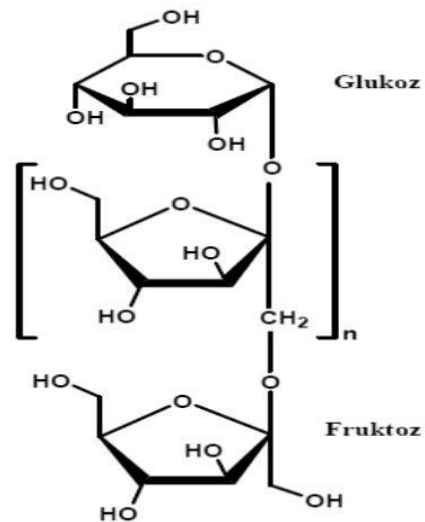
Kısa Zincirli Fruktooligosakkarit (scFOS)

Kısa Zincirli Fruktooligosakkarit ilave edilmesinin, sindirim sistemi boyunca çeşitli endotermik hayvan türlerinde besin kullanımı, büyüme ve hastalıklara duyarlılık üzerinde faydalı olduğu belirlenmiştir (Respondek ve ark., 2008).

Hui-Yuan ve ark. (2007) Hibrit tilapyaları (5,60 ± 0,02 g) yemlerine 0,80 ve 1,20 g/kg scFOS eklenmiş yemlerle sekiz hafta süreyle beslemişler ve çalışma sonucunda artan scFOS seviyesi ile büyüme oranı, yem alımı ve yem değerlendirme oranı artarken (P<0,05) hepato somatik indeksin ise düşüş gösterdiğini, hayatta kalma ve kondisyon faktörünün istatistiksel olarak değişmediğini ortaya koymuşlardır (P>0,05).

Zhou ve ark. (2007) ortalama ağırlıkları 0,17 g olan Pasifik beyaz karidesi (*L. vannamei*) ile yaptıkları bir çalışmada, hayatta kalma oranı (%42-61) nispeten düşük olmasına rağmen resirkülasyon sisteminde yetiştirilen beyaz karideste %0,04'ten %0,16'ya kadar farklı derişimlerde scFOS takviyeli yemin spesifik büyüme oranı ve yem dönüştürme oranını geliştirdiği gösterilmiştir.

İnulin ve FOS eklenmiş (5 ve 10 g/kg) yemlerle gökkuşağı alabalıkları (*Onchorhynchus mykiss*) 49 gün süreyle beslenmişlerdir. Çalışma sonucunda 10 mg/kg FOS eklenmiş ve 5 mg/kg inulin eklenmiş yemle beslenen balıklarda daha iyi büyüme ve yem değerlendirme oranı belirlenmiştir. Ayrıca fileto kalsiyum miktarı FOS ve inulin eklenmiş yemle beslenen balıklarda artış göstermiştir (P<0,05) (Ortiz ve ark., 2013).



Şekil 2 Fruktooligosakkaritlerin molekül yapısı (n=1-3) (Ölçer, 2011)

Mannanoligosakkarit (MOS)

Mannan şekerleri, maya hücre duvarının karbonhidrat bileşiklerinden biridir. Bu şekerlerin hayvan metabolizmasında; bağışıklık sistemini düzenlemek, patojenik mikroorganizmaları engellemek (Newman, 1994) ve aflatoksinlerin etkilerini azaltmak gibi fizyolojik olumlu etkileri belirlenmiştir. Mannan şekerlerinin yetiştiricilik için kullanılabilir özellikleri bakımından daha zengin bir formu da Mannanoligosakkaritlerdir (MOS).

Genç ve ark. (2007) farklı oranlarda Mannanoligosakkaritin (MOS) hibrit tilapyalarda (*O. niloticus* × *O. aureus*) büyüme, vücut kompozisyonu, barsak ve karaciğer histolojisine etkilerini inceledikleri çalışmalarında kontrol yemine (ticari alabalık yemi) %1,5; %3,0 ve %4,5 oranında MOS eklemesi yapmışlardır. Çalışmalarının sonunda, büyüme parametrelerinde, (canlı ağırlık kazancı, spesifik büyüme oranı, yem çevirim oranı ve protein etkinlik oranı) hepatosomatik ve viserosomatik indeks değerlerinde gruplar arasında önemli farklılık ($P>0,05$) olmadığını belirtmişlerdir. Ayrıca kuru madde ve protein içeriğinin, yeme eklenen MOS'un artışına paralel olarak artış gösterdiğini ($P<0,05$) saptamışlardır. *Oreochromis niloticus*'da yapılan başka bir çalışmada MOS eklenmiş yemlerle (%0, %2,5, %3,5, ve %4,5) balıkları altmış gün süreyle beslenmişler ve çalışma sonucunda %3,5 MOS katkılı yemle beslenen balıkların büyüme, yem dönüşüm oranı, protein etkinlik oranı ve besin madde bileşenleri olumlu etkilediğini belirlenmiştir. Ayrıca MOS ile beslenen tüm grupların antioksidan enzimlerinde olumlu istatistiksel bir fark belirlenmiştir ($P<0,05$) (Özlier-Hunt ve ark., 2011).

Torrecillas ve ark. (2011) Mannanoligosakkarit ilaveli yemlerle beslenen deniz levreğinde (*Dicentrarchus labrax*) altmış günlük besleme periyodunda büyüme parametrelerinde herhangi bir değişiklik göstermezken besin madde bileşenlerinden lipid oranında istatistiksel olarak düşük oranda MOS ilaveli yemlerle beslenen balıklarda farklılık gözlenmiştir ($P<0,05$).

Galaktooligosakkarit (GOS)

Galaktooligosakkaritler galaktoz içeren Glu 1-4(β -Gal 1-6)_n n=1-4 yapısında bulunan oligosakkaritlerdir. β -galaktosidaz enziminin trans-galaktosidaz aktivitesiyle laktosidaz üretilir. Bitki kaynaklarından (baklagiller, soya fasulyesi) ekstrakte edilerek de elde edilmektedirler (Bouhnik ve ark., 1997). Galaktooligosakkaritlerin molekül yapısı Şekil 3'de verilmiştir.

Salmo salar (200±0,60 g) ile yapılan dört aylık bir çalışma sonucunda GOS'un sindirilme, yem tüketimi veya büyüme üzerinde olumlu bir etkisi olmadığı belirlenmiştir (Grisdale-Hell ve ark., 2008)

Kızılgöz (*Rutilus rutilus*) (1,36± 0,03 g) balıkları %1 ve %2 GOS içeren yemlerle 7 hafta boyunca beslenmişlerdir. Çalışma sonucunda %2 GOS ile beslenen balıkların kontrol grubuna göre ağırlık kazancı, spesifik büyüme oranı (SBO), kondisyon faktörü, yem çevirim oranı (YÇO), yaşama oranının daha iyi olduğu ayrıca besin madde bileşenlerinden protein ve lipid düzeyinin kas dokuda artış gösterdiği belirlenmiştir ($P<0,05$). (Hoseinefar ve ark., 2013).

Ksilooligosakkarit (XOS)

Ksilooligosakkarit, ksiloz tabanlı oligomerlerdir ve gıda ve yem sanayi ile ilgili alanlarda uygulamaları geliştirmek için araştırma çalışmaları sürdürülmekte olan bazı özel özelliklere sahiptir. XOS bambu filizleri, meyve, sebze, süt ve balda doğal olarak bulunur (Vazquez ve ark., 2000).

Xu ve ark. (2009) ağırlıkları 16,80-17,60 g olan Allojenetik sazanları (*Carassius auratus gibelio*) kırk beş gün süreyle 50, 100 ve 200 mg/kg XOS ilave edilmiş yarı yaş yemlerle beslemişler ve deneme sonucunda hiçbir yem grubunda hayatta kalma oranlarını etkilenmediğini, XOS içeren yemle beslenen balıklarla kontrol grubu karşılaştırıldığında günlük ağırlık kazancının (GCAK) 100 mg/kg XOS ile beslenen balıklarda en yüksek olduğu saptanmıştır. Araştırmacılar büyüme ve daha iyi enzim aktiviteleri üzerine XOS'un yararlı etkisinin bağırsak floradaki değişimi ile ilişkili olabileceğini vurgulamışlardır.

Arabinooligosakkarit (AXOS)

Arabinoksilans (AX) birçok tahıl tanelerinde bulunan temel nişasta olmayan polisakkaritlerdir ve diyet lifin bir parçasıdır (Grootaert ve ark., 2007). Bunlar arabinofuranosil bağları β -(1,4) bağlantılı D-ksilopiranosil artıklarından oluşmaktadır. Bu maddeler AX-indirgeyici enzimlere sahip spesifik bağırsak bakterileri tarafından memelilerin bağırsak kolonunda indirgenmiştir. AX bazı sağlık etkileri belirlenmiş olmasına rağmen AXOS'un hidroliz ürünlerinin etkileri, daha az incelenmektedir (Grootaert ve ark., 2007).

Rurangwa ve ark. (2008) on hafta süreyle ortalama ağırlıkları 20 g olan Sibirya Mersin balığı (*Acipenser baerii*) ve Afrika yayın balıklarını (*Clarias gariepinus*) 10 g/kg ve 20 g/kg AXOS içeren yemlele beslemişler ve büyüme ve SCFA üretimine etkisi araştırmışlardır. Çalışma sonunda AXOS'un yeme ilave edilmesi her iki türün de büyümesini etkilemediğini ama asetat, propiyonat ve toplam SCFA üretiminde yüksek seviyeli AXOS'un etkisinin olduğunu bildirmişlerdir. Bu etkinin yayın balığında daha az belirgin olduğunu ve bu sonuca iki türün arka bağırsak florasının farklı olmasının neden olduğunu belirtmişlerdir.

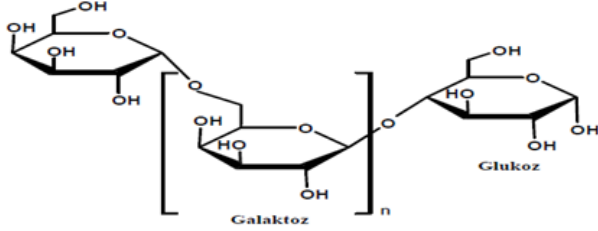
Geraylou ve ark. (2012) Sibirya Mersin balığını (*A. baerii*) (25,80±0,90 g) ticari olarak geliştirilmiş iki farklı (AXOS-32-0.30; AXOS-3-0.25) AXOS içeren yemle beslemiş ve balık unu yerine bu maddeleri balık yemlerinde kullanmışlardır. Balıklar on iki hafta boyunca bu yemlerle beslenmiş ve deneme sonunda AXOS-32-0.30 yem grubuyla beslenen balıklarda büyüme daha fazla olmuş ancak gruplar arasında istatistiksel bir fark oluşmamıştır ($P>0,05$). Yaşama oranları bütün gruplarda benzer bulunmuştur. Ancak AXOS-32-0.30 grubuyla beslenen balıkların fagositoz aktivasyonu diğer gruplara oranla daha yüksek ve istatistiksel olarak da farklı çıkmıştır ($P<0,05$).

İzomaltooligosakkarit (IMO)

İzomaltooligosakkaritler (IMO), α (1-6) glukozidik bağlarla bağlı glukoz monomerlerinden oluşan oligosakkaritlerdir. İzomaltooligosakkaritler sükröz, maltoz, nişasta ve dekstran gibi karbohidratlar

kullanılarak farklı metodlarla üretilebilirler. İzomaltooligosakkaritler izomaltoz, izomaltotirioz, izomaltotetraoz, vb bir karışımdır (Kaneko ve ark., 1995).

Li ve ark. (2009) yirmi sekiz gün süreyle 2 g/kg IMO eklenmiş yemle besledikleri Pasifik beyaz karidesi (*L. vannamei*)'nde mikrobiyal populasyon, immün yanıtları artmış ve beyaz nokta sendromu virüsüne direnç gözlenmemiştir.



Şekil 3 Galaktoooligosakkaritlerin molekül yapısı (n=1-4) (Ölçer, 2011).

Gro Biotic-A

Ticari ürün GroBiotic-A, kısmen otolize bira mayası, süt madde bileşenleri ve kurutulmuş fermantasyon ürünlerinin bir karışımıdır. Bu yaygın maya β-glukanı gibi diğer kaynaklardan elde edilen β-glukanlarda balık immünolojik yanıtların uyarılmasına neden olabilmektedir (Dalmo ve Bøgwald, 2008).

Li ve Gatlin, (2004) çizgili levrek melezlerinde (*Morone chrysops* × *Morone saxatilis*) bağışıklık sistemini ve hastalıklara karşı dayanıklılığı etkileyebilecek glukan, levamisole, özellikle otolize bira mayası, oligonükleotid ve mayaya dayalı prebiyotik karışımı (GroBiotics TM-A) gibi farklı besin katkı maddelerinin etkilerini değerlendirmişlerdir. Yeme %2,0 oranında GroBiotics TM-A ilavesinin *Streptococcus inae* ve *Mycobacterium marinum* gibi bakterilere karşı dayanıklılık oluşturduğunu ve yem etkinliğinin önemli ölçüde arttığını belirlemişlerdir.

Burr ve ark. (2010) ortalama ağırlıkları 200 g olan Hibrit çizgili levrek (*M. chrysops* × *M. saxatilis*) 10 g/kg GroBiotic-A eklenmiş yemlerle sekiz hafta boyunca beslenmişlerdir. Büyüme ve YÇO'da kontrol yemi ile beslenen gruba göre bir değişiklik yapmamış ancak tüm vücuttaki protein düzeyinde istatistiksel olarak bir artış belirlenmiştir (P<0,05).

Sonuç

Son zamanlarda yetiştiriciliği yapılan türlerin gelişimini hızlandırmak ve ürün kalitesini artırmak için, antibiyotik yerine doğal ve insan sağlığına zarar vermeyen, probiyotik, prebiyotik ve organik asit gibi alternatif materyallerin kullanımına ilgi artmıştır. Bu ürünlerin, doku ve hayvansal ürünlerde kalıntı bırakmaması, sindirim kanalındaki ekosisteme zarar vermemesi ve bunların yanı sıra performansı artırıcı etkiye sahip olmaları gibi özelliklerinden dolayı farklı türlerin yetiştiricilik alanında kullanımı üzerinde önemle durulmaktadır (Parlat ve ark., 2002).

Su ürünleri konusunda prebiyotiklerle ilgili değişik balık ve kabuklu su canlıları üzerinde yapılan çalışmalarda bazı türlerde herhangi bir etki yapmadığı; ancak farklı bir türün farklı aşamasında büyüme ve

gelişimde olumlu katkısının olduğu ve farklı dozlarda farklı maddelerin etkisinin araştırılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Yetiştiricilik açısından önemli değişik türlerde farklı prebiyotik maddelerin etki mekanizmalarının ortaya konması için yapılacak araştırmalara gereksinim olduğu düşünülmektedir.

Günümüzde kullanılan sağlıklı alternatif yem katkı maddelerinin yetiştiricilikte sağladığı faydalar uzun süreden beri araştırılmakla birlikte, bu tür ürünlerin ülkemizde özellikle su ürünleri alanında kullanımı ile ilgili yapılan çalışmalar çok sınırlıdır. Hem hayvan sağlığı alanında hem de verim arttırmaya yönelik uygulamalarda bu tür ürünlerin kullanımıyla ilgili olarak daha çok araştırma yapılarak, biyokimyasal ve fizyolojik etkilerinin belirlenmesi ve kullanım alanlarının yaygınlaşması halinde yetiştiricilik sektörüne ve insan sağlığı açısından da katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Kaynaklar

- Akrami R, Iri Y, Khoshbavar Rostami H, Razeghi Mansour, M. 2013. Effect of dietary supplementation of fructooligosaccharide (FOS) on growth performance, survival, lactobacillus bacterial population ve hemato-immunological parameters of stellate sturgeon (*Acipenser stellatus*) juvenile. Fish and Shellfish Immunology, 35: 1235-1239.
- Aşan M, Özcan N. 2006. Kanatlı Beslemede İnulinin Prebiyotik Olarak Önemi, Hayvansal Üretim, 47(2): 48-53.
- Barug D, Jong J, Kies AK, Verstegen MWA. 2006. Antimicrobial growth promoters. Where do we go from here?. Wageningen Academic Publishers, 422 s.
- Boix C, Ibáñez M, Sancho JV, León N, Yusá V, Hernández F. 2014. Qualitative screening of 116 veterinary drugs in feed by liquid chromatography-high resolution mass spectrometry: Potential application to quantitative analysis, Food Chemistry, 160:313-320.
- Bouhnik Y, Flourie B, D'Agay-Abensour L. 1997. Administration of transgalactooligosaccharides increases fecal bifidobacteria and modifies colonic fermentation metabolism in healthy humans. J. Nutrition, 127: 444-448.
- Burr G, Gatlin D, Ricke S. 2005. Microbial ecology of the gastrointestinal tract of fish and the potential application of prebiotics and probiotics in finfish aquaculture. J. World Aquac. Soc., 36: 425-436.
- Burr G, Gatlin D. 2005. Microbial ecology of the gastrointestinal tract of fish ve the potential application of prebiotics ve probiotics in finfish aquaculture, Journal of the World Aquaculture, Society, 36: 425-436.
- Burr G, Hume M, Ricke S, Nisbet D, Gatlin III. 2010. In vitro and In vivo evaluation of the prebiotics GroBiotic®-A, inulin, mannanoligosaccharide and galactooligosaccharide on the digestive microbiota and performance of hybrid striped bass (*Morone chrysops* × *Morone saxatilis*). Microb Ecol., 59: 187-198.
- Dalmo RA, Bøgwald J. 2008. β-glucans as conductors of immune symphonies. Fish Shellfish Immunol., 25: 384-396.
- Dimitroglou A, Merrifield DL, Moate R, Davies SJ, Spring P, Sweetman J, Bradley G. 2009. Dietary mannan oligosaccharide supplementation modulates intestinal microbial ecology and improves gut morphology of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). Journal of Animal Science, 87: 3226-3234.
- Edelman J, Jefford TG. 1964. The metabolism of fructose polymers in plants. 4. Beta fructofuranosidases of tubers of *Helianthus tuberosus*. L. Biochem. J., 93: 148-161.
- Fukushima Y, Kawata Y, Hara H, Terada A, Mitsuoka T. 1998. Effect of a probiotic formula on intestinal immunoglobulin A production in healthy children. Int J Food Microb, 42: 39-44.

- Ganguly S, Paul I, Mukhopadhyay SK. 2009. Application and effectiveness of immunostimulants, probiotics and prebiotics in aquaculture: A Review. The Israeli Journal of Aquaculture, 62(3): 130-138.
- Gatlin DM III. 2002. Nutrition and fish health. In: Fish Nutrition (Halver JE, Hardy RW. Eds), Academic Press, San Diego, CA, USA, 671-702.
- Genç MA, Yılmaz E, Genç E, Aktaş M. 2007. Effects of dietary mannanoligosaccharide (MOS) on growth, body composition, intestine ve liver histology of the hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* × *O. aureus*). Isr.J. Aquaculture, 59(1): 10-16.
- Geraylou Z, Souffreau C, Rurangwa E, D'Hondt S, Callewaert L, Courtin CM, Delcour J. A, Buyse J, Ollevier F. 2012. Effects of arabinoxylan-oligosaccharides (AXOS) on juvenile Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*) performance, immune responses and gastrointestinal microbial community, Fish & Shellfish Immunology, 33: 718-724.
- German B, Schiffrin EJ, Reniero R, Mollet B, Pfeifer A, Neeser JR. The development of functional foods: lessons from the gut, Tibtech December 17: 492-499.
- Gibson GR, Roberfroid MB. 1995. Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics, J. Nutr., 125: 1401-1412.
- Gibson GR, Probert HM, Van Loo J, Rastall RA, Roberfroid MB. 2004. Dietary modulation of the human colonic microbiota: Updating the concept of prebiotics, Nutr. Res. Rev., 17: 259-275.
- Grisdale-Helland B., Helland SJ, Gatlin DM III. 2008. The effects of dietary supplementation with mannanoligosaccharide, fructooligosaccharide or galactooligosaccharide on the growth and feed utilization of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). Aquaculture, 283: 163-167.
- Grootaert C, Delcour JA, Courtin CM, Broekaert WF, Verstraete W, Van de Wiele T. 2007. Microbial metabolism and prebiotic potency of arabinoxylan oligosaccharides in the human intestine, Trends Food Sci. Technol., 18: 64-71.
- Gülyavuz H, Ünlüsayın M. 1999. Su Ürünleri İşleme Teknolojisi, Ders Kitabı, Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi, 363s. Isparta.
- Hanley F, Brown H, Carbery J. 1995. First observations on the effects of mannan oligosaccharide added to hatchery diets for warmwater hybrid red tilapia, Poster at the 11th Annual Symposium on Biotechnology in the Feed Industry, Lexington, KY, USA.
- Holzappel WH, Schillinger U. 2002. Introduction top re-and probiotics. Food Res. Int., 35: 109-116.
- Hoseinefar SH, Khalili M, Khoshbavar MR, Esteban ME. 2013. Dietary galactooligosaccharide affects intestinal microbiota, stres resistance, and performance of Caspian roach (*Rutilus rutilus*) fry. Fish & Shellfish Immunology, 35: 1416-1420.
- Hoşsu B, Korkut AY, Fırat A. 2001. Fish Nutrition and Food Technology I (in turkish). Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları No: 50, İzmir.
- Hui-Yuan L, Zhigang Z, Rudeaux F, Respondek F. 2007. Effects of dietary short chain fructo-oligosaccharides on intestinal microflora, mortality and growth performance of *Oreochromis aureus* (♂) x *O. niloticus* (♀). Chinese J. Anim. Nutr., 19: 1-6.
- Ibrahim MA, Fathi M, Mesalhy S, El-Aty A. 2010. Effect of dietary supplementation of inulin and vitamin C on the growth, hematology, innate immunity and resistance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Fish & Shellfish Immunology, 29: 241-246.
- Kaneko T, Yokoyama A, Suzuki M. 1995. Digestibility characteristics of isomaltooligosaccharides in comparison with several saccharides using the rat jejunum loop method. Biosci. Biotechnol. Biochem., 57: 1190-1194.
- Klewicki R, Klewicka E. 2004. Antagonistic activity of lactic acid bacteria as probiotics against selected bacteria of the Enterobacteriaceae family in the presence of polyols and their galactosyl derivatives. Biotechnol. Lett., 26: 317-320.
- Li P, Gatlin DMIII. 2004. Dietary brewers yeast and the prebiotic GroBiotic_ AE influence growth performance, immune responses and resistance of hybrid striped bass (*Morone chrysops* X *M. saxatilis*) to *Streptococcus iniae* infection. Aquaculture, 231: 445-456.
- Li P, Burr GS, Gatlin DMIII, Hume ME, Patnaik S, Castile FL, Lawrence AL. 2007. Dietary supplementations of short-chain fructooligosaccharides influences gastrointestinal microbiota composition and immunity characteristics of pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*), cultured in a recirculating system. J. Nutr., 137: 2763-2768.
- Li J, Tan B, Mai K. 2009. Dietary probiotic *Bacillus* OJ and isomaltooligosaccharides influence the intestine microbial populations, immune responses and resistance to white spot syndrome virus in shrimp (*Litopenaeus vannamei*). Aquaculture, 291: 35-40.
- Manning TS, Gibson GR. 2004. Prebiotics. Best Pract. Res. Clin. Gastroenterol., 18:287-298.
- Mahious AS, Ollevier F. 2005. Probiotics and prebiotics in aquaculture", 1st Regional Workshop on Techniques for Enrichment of Live Food for Use in Larviculture-2005, AAARC, Urmia, Iran, 67 s.
- Milner JA. 1999. Functional foods and health promotion, J. Nutrition, 129:1395-1397.
- Mussatto SI, Mancilha IM. 2007. Non-digestible oligosaccharides: A review, Carbohydr. Polym., 68: 587-597.
- Newman K. 1994. Mannan-oligosaccharides: Natural polymers with significant impact on the gastrointestinal microflora and the immune system, Biotechnology in the Feed Industry, Proceedings of Alltech's Tenth Annual Symposium, (Lyons TP, Jacques KA., Eds.), Nottingham University Press, Nottingham, UK, 167-175.
- Olsen RE, Myklebust R, Kryvi H, Mayhew TM, Ringø E. 2001. Damaging effect of dietary inulin to intestinal enterocytes in Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.). Aquacult. Res., 32: 931-934.
- O'Sullivan MG. 1996. Metabolism of bifidogenic factors by gut flora—An overview, IDF Bull. International Dairy Federation, Brussels, Belgium, 313s.
- Ortiz LT, Rebolé A, Velasco S, Rodríguez ML, Treviño J, Tejedor JL. 2013. Effects of inulin ve fructooligosaccharides on growth performance, body chemical composition ve intestinal microbiota of farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), Aquaculture Nutrition, 19:475-482.
- Ölçer Z. 2011. Prebiyotik üretimi. Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 131s.
- Özlüer Hunt A, Berköz M, Özkan F, Yalin S, Erçen Z, Erdogan E, Gunduz SG. 2011. Effect of mannan oligosaccharide on growth, body composition, and antioxidant enzyme activity of tilapia (*Oreochromis niloticus*), The Israeli Journal of Aquaculture - Bamidgah, IIC, 63(2): 619-627.
- Panigrahi A, Kiron V, Satoh S, Hirono I, Kobayashi T, Sugita J, Puangkaew J, Aoki T. 2007. Immune modulation and expression of cytokine genes in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* upon probiotic feeding. Developmental and Comparative Immunology, 31:372-382.
- Parlat SS, Yıldız AÖ, Yazgan O, Bahtiyar Y. 2002. Düşük protein içerikli rasyonlara prebiyotik veya antibiyotik katkısının Japon bildircinlarının (*Coturnix coturnix japonica*) besi performansına etkisi. S.Ü. Ziraat Fak. Dergisi. 16(30):38-42.
- Picchiatti S, Mazzini M, Taddei AR, Renna R, Fausto AM, Mulero V, Carnevali O, Cresci A, Abelli L. 2007. Effects of administration of probiotic strains on GALT of larval gilthead seabream: immunohistochemical and ultrastructural studies. Fish & Shellfish Immunol, 22: 57-67.

- Ramirez RF, Dixon BA. 2003. Enzyme production by obligate intestinal anaerobic bacteria isolated from Oscars (*Astronotus ocellatus*), angel fish (*Pterophyllum scalare*) and southern flounder (*Paralichthys lethostigma*), *Aquaculture*, 227: 417-426.
- Refstie S, Bakke-McKellep AM, Penn MH, Sundby A, Shearer KD, Krogdahl Å. 2006. Capacity for digestive hydrolysis and amino acid absorption in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed diets with soybean meal or inulin with or without addition of antibiotics. *Aquaculture*, 261: 392-406.
- Respondek F, Goachet AG., Julliand V. 2008. Effects of dietary short-chain fructooligosaccharides on the intestinal microflora of horses subjected to a sudden change in diet. *J. Anim. Sci.*, 86: 316-323.
- Ringø E, Sperstad S, Myklebust R, Mayhew TM, Olsen RE. 2006. The effect of dietary inulin on bacteria associated with hindgut of Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.). *Aquacult. Res.*, 37: 891-897.
- Ringø E, Løvmo L, Kristiansen M, Bakken Y, Salinas I, Myklebust R, Olsen RE, Mayhew TM. 2010a. Lactic acid bacteria vs. pathogens in the gastrointestinal tract of fish: a review. *Aquacult. Res.*, 41:451-467.
- Ringø E, Olsen RE, Gifstad TØ, Dalmo RA, Amlund H, Hemre GI, Bakke AM. 2010b. Prebiotic in aquaculture: review”, *Aquaculture Nutrition*, 16: 117 – 136.
- Roberfroid M. 1993. Dietary fibre, inulin and oligofructose: a review comparing their physiological effects, *CRC Crit. Rev. Food Sci. Technol.*, 33:103-148.
- Roberfroid M, Slavin J. 2000. Nondigestible oligosaccharides. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 40: 461-480.
- Rurangwa E, Delaedt Y, Geraylou Z, Van De Wiele T, Courtin CM, Delcour JA, Ollevier F. 2008. Dietary effect of arabinoxylan oligosaccharides on zootechnical performance and hindgut microbial fermentation in Siberian sturgeon and African catfish. *Aquaculture Europe*, Krakow, Poland, September 15–18, 569–570.
- Shin HS, Lee H, Pestka JJ, Ustunol Z. 2000. Growth and viability of commercial *Bifidobacterium* spp. in skim milk containing oligosaccharides and inulin. *J. Food Sci.*, 65: 884-887.
- Sugita H, Mizuki H, Itoi S. 2008. Prevalence of a fish pathogen, *Listonella anguillarum* in the intestinal tract of fish collected off the coast of Japan. *Aquacult. Res.*, 39: 103-105.
- Swanson KS, Grieshop CM, Flickinger EA, Bauer IL, Wolf BW, Chow J, Garle, KA, William JA, Fahey JC. 2002. Fructooligosaccharides and *Lactobacillus acidophilus* modify bowel function and protein catabolites excreted by healthy humans. *J. Nutr.*, 132: 3042-3050.
- Torrecillas SA, Makol MJ, Cabellero D, Montero R, Gines R, Sweetman J, Izquierdo M. 2011. Improved feed utilization, intestinal mucus production ve immune parameters in sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fed manan oligosaccharides (MOS). *Aquaculture Nutrition*, 17 (2): 223-233.
- Vazquez MJ, Alonso JL, Dominguez H, Parajo JC. 2000. Xylooligosaccharides: manufacture and applications. *Trends Food Sci. Technol.*, 11: 387-393.
- Vine NG, Leukes WD, Kaiser H. 2004. In vitro growth characteristics of five candidate aquaculture probiotics and two fish pathogens grown in fish intestinal mucus, *Microbiology Letters*, 231:145-152.
- Vulevic J, Rastall RA, Gibson GR. 2004. Developing a quantitative approach for determining the in vitro prebiotic potential of dietary oligosaccharides, *FEMS Microbiol. Lett.*, 236:153-159.
- World Bank. 2013. Fish Report to 2030: Prospects for Fisheries ve Aquaculture, [Worldbank.org/INTPROSPECTS/Resources/83177- Agriculture ve Environmental Services Discussion Paper 03, Full_Report.pdf](http://Worldbank.org/INTPROSPECTS/Resources/83177-Agriculture%20ve%20Environmental%20Services%20Discussion%20Paper%2003,%20Full_Report.pdf), (2013). (Erişim Tarihi, Mayıs 2015).
- Xu B, Wang Y, Li J, Li Q. 2009. Effects of prebiotic xylooligosaccharides on growth performance and digestive activities of allogynogenetic crucian carp (*Carassius auratus gibelio*). *Fish Physiol. Biochem.*, 35: 351-357.
- Yılmaz M. 2004. Prebiyotik ve probiyotikler. *Güncel Pediatri*, 2: 142-145
- Yousefian M, Amiri MS. 2009. A review of the use of prebiotic in aquaculture for fish and shrimp. *African Journal of Biotechnology*, 8 (25): 7313-7318.
- Yun JW. 1996. Fructooligosaccharides-occurrence, preparation and application. *Enzyme Microb Technol*, 19:107-117.
- Zhou ZG, Ding Z, Huiyan LV. 2007. Effects of dietary shortchain fructooligo-saccharides on intestinal microflora, survival, and growth performance of juvenile white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *J. World Aquac. Soc.*, 38: 296-301.