



Alabalıklarda Probiyotik Uygulamalarının Bugünü ve Geleceği

Erkan CAN^{1*} İlker Zeki KURTOĞLU² Murathan KAYIM¹ Süleyman AKHAN³
Volkan KIZAK¹ Mehmet KOCABAŞ¹ Özay KÖSE² Nida DEMİRTAŞ¹
Fatma DELİHASAN SONAY² Adef OTHAN¹

¹Tunceli Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, 62000 Tunceli

²Rize Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Yetiştiricilik Bölümü, Rize, 53100

³Akdeniz Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, 07100 Antalya

*Sorumlu Yazar

e-posta: ecanengineer@gmail.com

Özet

Tatlı su ve kısmen deniz balıkları yetiştiriciliğindeki en önemli türlerden biri alabalıktır. Bu balığın yetiştiricilik grafiği zamanla birlikte, sürekli artış göstermektedir. Günümüze kadar yapılan birçok araştırmada, sürdürülebilirliğin sağlanmasında, ekolojik yaklaşımlı doğa dostu alternatif üretim yöntemlerinin geliştirilmesi konusunda fikir birliğine varılmıştır. Probiyotik olarak kullanılan bazı seçilmiş uygun bakteriler bağırsak florasına yerleştiğinde, gastrointestinal bölgedeki potansiyel patojenlerle mücadele ederek, tehlikeli gen ekspresyonlarını engelleyerek, immün sistemi ve mide morfolojisini geliştirerek, aynı zamanda sindirim fonksiyonlarını düzenleyerek konak canlılara fayda sağlayan potansiyel alternatiflerdir. Akuakültür uygulamalarında kullanılan antibiyotiklerin ve kullanılan bazı kimyasalların azaltılması bakımından da bu alternatiflerin kullanımı birçok araştırmacı tarafından önerilmiştir. Bu nedenle, probiyotik uygulamaları, hastalıklara karşı direncin artırılmasında, büyüme performansının, vücut kompozisyonun ve bağırsak morfolojisinin geliştirilmesinde, şekil bozukluklarının azaltılmasında, mikrobiyal denge ve sağlığın korunmasında, alabalık yetiştiriciliğinde yapılan uygulamalarda da son yıllarda önemli hale gelmiştir. Ancak, endüstriyel düzeyde bu yetiştiricilik çalışmalarındaki uygulama stratejileri çeşitlilik göstermektedir. Ticari düzeydeki uygulamalar için etkili bir uygulama stratejisi planlamak kolay olmadığından gelecekteki çalışmalar endüstriyel ölçekte pratiklik sağlayan uygulamalar üzerinde odaklanmalıdır. Ayrıca, probiyotiklerden optimum fayda sağlamak için konak-bakteri-çevre ilişkilerini de daha iyi anlamak gerekmektedir. Bu çalışmada alabalıklarda günümüze kadar yapılan probiyotik uygulamaları ele alınmış, probiyotik seçimi, dozajları, uygulama teknikleri, uygulama süreçleri ile konak-bakteri-çevre ilişkileri incelenerek gelecekteki sürdürülebilir akuakültür uygulamaları için önerilere yer verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Alabalık, sürdürülebilirlik, probiyotik, mikrobiyal kontrol, sağlık.

Applications of Probiotics in Salmonids; Present and Future

Abstract

Trout is one of the most important species in fresh water aquaculture and less commonly in marine aquaculture. The production of this fish is continually increasing. A lot of researches so far have unanimously suggested that the production methods with eco-friendly alternatives should be developed in order to achieve sustainability. Probiotics offer potential alternatives by providing benefits to the host primarily via modulation of the gut microbiota. Suggested modes of action resulting from increased favourable bacteria in the gastrointestinal tract include the production of inhibitory compounds, competition with potential pathogens, inhibition of virulent gene expression, enhancing the immune response, improving gastric morphology and aiding digestive function. A lot of researchers recommended that these alternatives can be used in order to cut down on antibiotics and some chemicals used in aquaculture applications. The application of probiotics may therefore result in elevated health status, improved disease resistance, growth performance, body composition, reduced malformations and improved gut morphology and microbial balance in salmonid aquaculture nowadays. However, the application strategies vary in industrial aquaculture. Since it is not easy to plan strategies for commercial applications, future studies should focus on practical applications on an industrial scale. It is also essential that microbe-host-environment interactions should be understood well so as to derive optimal use from probiotics. In the present study, the probiotic treatments studied so far were reviewed. Probiotic selection, dosage levels, application strategies and durations and microbe-host-environment interactions were investigated in an effort to achieve sustainable aquaculture and suggestions are offered for future studies.

Keywords: Trout, sustainability, probiotic, microbial control, health

GİRİŞ

Akuakültür üretimi tüm dünyada birçok balık türünün üretimi ile genişlerken, alabalık birçok ülkede balık üretimine önemli katkılar sağlamaktadır. Atlantik som balığı ve gökkuşacağı

alabalığı Norveç, İskoçya, Şili, Kanada, USA, Yeni Zelanda, Avustralya ve bazı Avrupa ülkelerinde üretilmektedir [1]. Atlantik som balığı hem et kalitesi hem de işleme olanaklarındaki çeşitlilik; gökkuşacağı alabalığı ise denizden uzak iç kısımlarda yetiştiriciliğinin

yapılabilmesi sayesinde önem kazanmaktadır. Toplam küresel salmonids türleri üretimi 2007 yılında 2.2 milyon tona ulaştığı bildirilmektedir [2]. Üretimin artması yapılan yetiştiricilik faaliyetlerinde canlılığın sağlığının korunması, en iyi koşullarda üretilmesi ve kaliteli ürüne ulaşılması konularında araştırmaların artmasına öncülük etmiştir.

Probiyotik bakteriler gastrointestinal bölgedeki potansiyel patojenlerle mücadele ederek, immün sistemi ve mide morfolojisini geliştirerek ve sindirim fonksiyonlarını düzenleyerek hastalıklara karşı direncin artırılmasında, büyüme performansının, vücut kompozisyonunun ve bağırsak morfolojisinin geliştirilmesinde, şekil bozukluklarının azaltılmasında, mikrobiyal denge ve sağlığın korunması konusunda kullanılabilir. Yetiştiricilik faaliyeti içerisinde hastalık yapıcı etkenler üretimde önemli kayıplara yol açmaktadır. Probiyotikler hem hastalık nedeniyle oluşan kayıpların azaltılması hem de hastalıkla mücadelede kullanılan kimyasal maddelerin ve antibiyotiklerin balık vücuduna ve çevreye verdiği zararları en aza indirebilmesi amacıyla kullanılabilir alternatiflerdir [3].

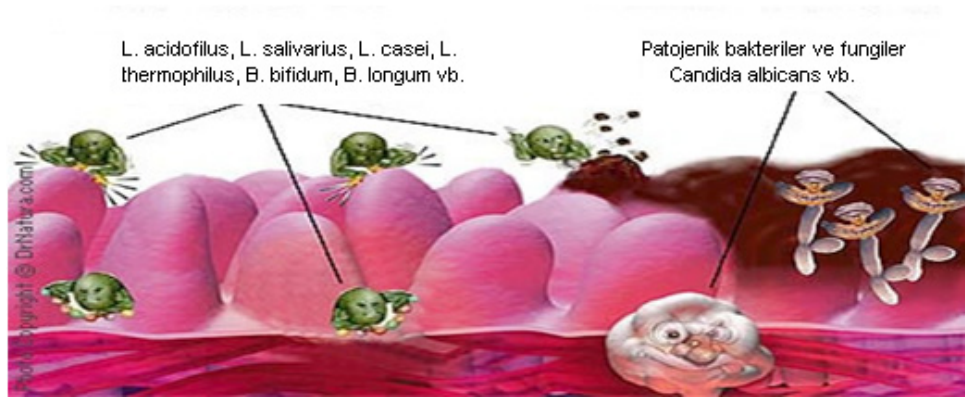
Akuakültür uygulamalarında kullanılan antibiyotiklerin ve kullanılan bazı kimyasalların azaltılması bakımından da bu alternatiflerin kullanımı birçok araştırmacı tarafından önerilmiştir. Probiyotik bakterilerin alabalıklar üzerine etkileri hakkında sınırlı sayıda çalışma olmakla birlikte yapılan çalışmalardan olumlu sonuçlar alınmıştır.

Probiyotikler

Yeryüzünde çeşitli mikroorganizmalar bulunmaktadır. Bu mikroorganizmalar şarap,

bir, peynir, yoğurt, ekme, turşu v.b. besinlerin üretiminden, düşen ağaçların çürütmesine kadar her yerde mevcuttur. Bu mikroorganizmalar patojen olabildiği gibi canlılara yarar da sağlayabilir (Şekil 1). Probiyotik bakteriler canlıların normal bağırsak florasını etkileyen yararlı mikroorganizmalardır. Balığın ekosisteminde faydalı ve zararlı olmak üzere iki grup mikroorganizma bulunmaktadır. Sağlıklı bir konakçıda bu iki grup denge halinde olup, faydalı mikroorganizmalar baskın floranı oluşturmaktadır [4]. Probiyotik kelimesi Latince kökenli olup pro (önce) ve bios (yaşam) kelimelerinden oluşmaktadır. Farklı kaynaklara bağlı olarak değişik anlamları olmakla birlikte probiyotik için ilk genel kabul edilen tanımlama Fuller tarafından “konakçı hayvanın mikrobiyal dengesini güçlendirerek yararlı şekilde etkileyen canlı mikrobiyal yem ilavesi” olarak ifade edilen tanımlamadır [1,5].

Probiyotikler, insan sağlığı için fonksiyonel gıda olarak, hayvan beslenmesinde ise büyümeye katkı sağlayıcı ve koruyucu olarak kullanılmaktadır. Probiyotikler, konakçının gastrointestinal sistemine yerleşerek burada koloni oluşturur ve gerek engelleyici bileşikler üreterek gerekse besin ve yaşam alanı için rekabet içine girerek potansiyel patojenlerin kolonileşmesini engeller [6]. Probiyotiklerin kullanımı konakçıya yarar sağlayarak hastalıkların kontrol edilmesi, büyümenin artırılması, yemden yararlanmanın artırılması [7] ve bazı durumlarda antimikrobiyal maddelerin yerine kullanılmasına öncülük etmektedir [8]; [4]. Ayrıca, üretimi ve balık sağlığını artırmak amacıyla sudaki patojenlerin engellenmesi ve su ve sedimentteki mikrobiyal yükün değiştirilmesi ile su kalitesinin iyileştirilmesi



Şekil 1. Yararlı ve zararlı mikroorganizmalar (www.atihhealthnet.com/pages/probiotics.html)

için kullanılmaktadır [9,5]. Diğer yandan, probiyotiklerin balıkların immün sistemini önemli ölçüde geliştirdiği bildirilmiştir [10]. Bu amaçla laktik asit bakterileri, *Bacillus spp.* ve *Saccharomyces cerevisiae* gibi probiyotik türlerin balıklar üzerindeki etkilerini tespit etmek amacıyla çalışmalar yapılmaktadır [5].

Su Ürünleri Yetiştiriciliğindeki Uygulamaları

Probiyotiklerin su ürünlerinde kullanımı ile ilgili bir çok tür üzerine çalışma yapılmakla birlikte özellikle *Bacillus sp.* temelli uygulamalar karides yetiştiriciliği için ticari hale gelmiştir [11]. Bununla birlikte probiyotiklerin farklı balık türleri üzerine etkileri hakkında çalışmalarda sürdürülmektedir. Gökkuşluğu alabalığı ve Atlantik som balığı ile yapılan bir çalışmada *Carnobacterium sp.*'nin *A. salmonicida*, *V. ordalii* ve *Y. ruckeri* bakterilerinin neden olduğu hastalıkların azaldığı tespit edilmiştir [12]. Levrek balığı juvenilleri ile yapılan bir çalışma da ise laktik asit bakterileri ilave edilmiş yemle kısa süreli (25 gün) beslemenin büyümeyi kontrol grubuna göre % 81 artırdığı tespit edilmiştir [13]. Sazan balığıyla yapılan bir çalışmada *Bacillus subtilis* ilave edilmiş yem ile besleme sonucu büyüme ve yaşama oranının arttığı; ayrıca immün parametrelerde gelişme gözlemlendiği ve probiyotik uygulaması sonrası balık bağırsağında artan bakterilerin patojen bakterilerin yol açtığı enfeksiyonları baskıladığı tespit edilmiştir [14]. Yine tilapya ile yapılan bir çalışmada yeme *Lactobacillus acidophilus* ilave edilmesi sonucunda büyümenin deneme gruplarında kontrol grubuna göre arttığı tespit edilmiştir [15]. El-Haroun ve diğ. (2006)'nin tilapya ile yapmış oldukları çalışmada yeme *Bacillus licheniformis* ve *Bacillus subtilis* ilave edilmesinin stres faktörlerinin etkilerini azalttığı, yemden yararlanmayı ve büyüme performansını artırdığını tespit etmişlerdir [7].

Konak-Bakteri-Çevre İlişkileri

Probiyotik bakteriler konakçının gastrointestinal sistemine yerleşerek konakçının sindirim sisteminin gelişmesine yardım eder ve patojen mikroorganizmlarla rekabet içine girer [6,16]. Bu noktada seçilen probiyotik bakterinin konakçının bağırsak mukusuna tutunma, büyüme, bağırsak epitelinde koloni oluşturma kabiliyeti ve bağırsaktaki dominant patojen mikroorganizmayla rekabet kabiliyeti de önem taşımaktadır [17]. Yerleşik komensal

bakteriler bariyer savunmasını yıkan patojenlere karşı yeterli immün yanıtı destekleyerek ya da nutrient absorpsiyonunu sağlayan luminal içeriği düzenleyerek bağırsağın mukosal bariyer fonksiyonunu destekler ve bağırsağın etkin çalışmasını düzenlemeye yardım eder. Endojen komensal mikrobiyotaya tolerans başlatılmasında immün aktivasyona karşı daha önemli bir rol oynar. Ayrıca, probiyotik ilavelerinin endojen mikrobiyal popülasyonun manipülasyonu ve bağırsak mukozal toleransın yanında immün sistemi düzenleme mekanizması üzerine fark edilir etkileri bulunmaktadır [1]. Diğer önemli bir konuda balık bağırsağındaki dominant bakterilerin memelilerdekinden farklı olmasıdır. Balık bağırsağındaki bakteriler genellikle geçicidir ve bulunuşları çevresel koşullara bağlıdır [16] ve balık gastrointestinal sistemi çevresel koşullarla etkileşim halindedir [7]. Bu da probiyotik bakteri uygulamalarında patojen bakterilerle mücadeleyi zorlaştıran bir durumdur.

Probiyotik seçimi

Probiyotik seçimi için adımlar belirli olmakla birlikte farklı konakçı türleri ve çevre için uyarlanmalı ve probiyotik etki mekanizması bilinmelidir. Bir probiyotik seçim protokolü belirlerken, en önemli konu kullanılacak probiyotik diğer probiyotiklerle veya patojenlerle rekabet etme mekanizmasını bilmektir [17]. Genel seçim kriterleri üretim ve işleme metodlarına, uygulama şekline, organizmanın vücudun neresinde aktif olması istendiğine ve biyogüvenliğe göre belirlenmiştir. Buna göre probiyotik bakteri seçiminde dikkat edilmesi gerekenler;

- Geçmiş bilgilerin toplanması
- PB'nin elde edilmesi
- PB'nin patojenik türlere karşı koyma kabiliyetinin değerlendirilmesi
- PB'nin hastalık yapma yeteneğinin değerlendirilmesi
- PB'nin larvalardaki etkilerinin değerlendirilmesi
- Ekonomik maliyet yararlılık analizidir [18].

Diğer yandan, bir probiyotik bakterinin taşınması gereken özelliklerde aşağıdaki gibidir;

- Sadece konakçıya karşı değil, sucul hayvana ve tüketici insan sağlığına karşı da patojen özellikte olmamalıdır (Essential: E)
- Plazmid şifrelenmiş antibiyotik direnç genlerinden arındırılmış olmalıdır (Essential: E)

- Düşük pH ve safra tuzlarına dayanıklı olmalıdır (Essential: E)
- Bağırsak mukusunda iyi gelişebilmesi için tutunabilme kabiliyeti olmalıdır (Favourable: F)
 - Bağırsak epitelyal yüzeyinde koloni oluşturabilmelidir (Favourable: F)
 - Yem katkı maddesi olarak kullanımı tescil edilmiş olmalı (Favourable: F)
 - Avantajlı büyüme özellikleri sergilemeli (Favourable: F)
 - Bir veya birden fazla patojene karşı antagonistik özellik sergilemeli: som balıkları ele alındığında *Aeromonas salmonicida*, *Vibrio (Listonella) anguillarum* and *Yersinia ruckeri* üzerine odaklanılır (Favourable: F)
 - Amaca uygun hücre dışı sindirim enzimleri salgılamalı (Favourable: F)
 - Konakçıya ve yetiştiricilik çevresine özgü olmalıdır (Favourable: F)
 - Normal depolama koşullarında yaşayabilir kalmalı ve endüstriyel işlemde canlı kalabilecek dayanıklılıkta olmalıdır (F)
 - Konakçıya yarar sağlayan diğer bileşikleri üretebiliyor olmalıdır [1,17]

Bu kriterlerin tümünü taşıyan bir probiyotik tür bulmak zor olmakla birlikte, eş zamanlı olarak kullanılacak birkaç probiyotik ya da probiyotiklerle birlikte kullanılacak prebiyotik arayışına girmek gerekmektedir. Diğer yanda çoklu probiyotik türlerinin kombine uygulamaları, tekli uygulamalardan daha büyük yararlar getirebilir [1].

Uygulama Dozu

Konakçının farklı probiyotik seviyelerine verdiği yanıtta farklılık oluşması gibi uygulama dozu da önemlidir. Ayrıca uygulanan dozun az olmasında etki azalırken çok olması durumunda da maliyet artabileceğinden uygulama dozuna dikkat edilmelidir. Bu nedenle probiyotiklerin uygulanmasında sucul konakçıda bulunan "konsantrasyon" (ml) deki probiyotik hücre sayısı) olarak bir doz tanımlanmıştır. Bu bakteriler canlı yemle birlikte suya ilave edildiği gibi ticari yemlere de eklenebilmektedir [17].

Yapılan bir çalışmada gökkuşacağı alabalığı 30 gün boyunca 10^9 yada 10^{11} CFU g^{-1} yoğunlukta *L. rhamnosus* içeren yemle beslenmiştir. Sonuçta, diğer deneme grubuyla karşılaştırıldığında yüksek seviyede probiyotik içeren grupta serum lizozim ve kontrol grubu ile karşılaştırıldığında alternatif komplement

aktivite artmıştır [1]. Panigrahi ve Ark. (2005) gökkuşacağı alabalığı ile yaptıkları bir çalışmada yeme %10 (FOS, fruktooligosakkarit) oranında probiyotik ve prebiyotik karışımı ilave edilmesinin bağışıklık sistemi yanıtını artırdığı tespit etmişlerdir [20]. Gökkuşacağı alabalığı ile yapılan diğer bir çalışmada ise $3,8 \times 10^9$ CFU g^{-1} *Bacillus spp.* kullanılarak başarılı sonuçlar elde edilmiştir [6]. Robertson ve diğ., alabalıklarda *Carnobacterium sp'* yi 5×10^7 hücre ml^{-1} 10 kg yem olacak şekilde uygulama yaparak hastalığı azaltmada başarılı olmuşlardır [12]. Gökkuşacağı alabalığı ile yapılan bir çalışmada 1 gr yemde 10^6 CFU *Saccharomyces cerevisiae* ve *Saccharomyces cerevisiae* (Var. *boulardii*) kullanılarak başarılı sonuçlar alınmıştır [12]. Bununla birlikte, uygun doz probiyotik türüne, konakçı balık türüne, konakçının fizyolojik durumuna ve besleme uygulamasının spesifik amacına bağlı olarak değişmektedir.

Uygulama Teknikleri

Atlantik som balığı çalışmalarında genellikle canlı kültürler kullanılmakla birlikte dondurulmuş kurutulmuş/liyofilize hücreler, ölü hücreler, parçalanmış hücreler, hücreden ayrılmış üst fazlar ve sporlar kullanılarak bazı derecelerde başarı sağlanmıştır. Yetiştiricilik uygulamalarında canlı hücrelerdense ölü hücreler, liyofilize hücreler veya sporların kullanımı daha uygulanabilir. Yapılan canlı ve ölü hücre karşılaştırma çalışmalarına göre probiyotik uygunluğu bir faktör olabilmekte ve incelemeler live-sprayed ve freeze-dried formları arasında farklılık olmadığını göstermektedir. Bazı yazarlara göre ise freeze-dried metodunun gelecekteki akuakültür uygulamalarında pratik bir yöntem olacağı düşünülmektedir [1]. Buna göre, Panigrahi ve diğ. (2005) yapmış oldukları çalışmada live-sprayed ve freeze-dried uygulamaların ölü hücrelerin kullanımından daha etkin olduğunu bildirmektedir [20].

Çoğu probiyotik balığa yem yolu ile verilmekle birlikte, suya ilave edilerek yapılmış uygulamalarda bulunmaktadır [17]. Ancak, suya ilave edilmesinin yem ile verilmesine karşı etkinliği hakkında yeterli veri bulunmamaktadır. Bununla birlikte, bu yöntem kapalı devre sistemlerde düzenli olarak ya da hastalık boyunca uygulanan banyo tedavileri için daha uygulanabilir olabilmektedir [1]. Probiyotiklerin yeme ilave edilme yoluyla uygulanmasında alabalıklarda başarılı sonuçlar alınmıştır [12, 19-21].

Uygulama Süresi

Probiyotiklerin uygulama süreleri 6 gün ile 5 ay arasında değişmektedir. Probiyotik bakteri ilavesinin kısa süreli yarar sağladığı kanıtlanmıştır, fakat genellikle normal yeme dönüldükten 1-3 hafta sonra sindirim sisteminde probiyontlar tespit edilememiştir ve probiyotiklerin yararları probiyont konakçıdan ayrıldıktan sonra kaybolmuştur. Bununla birlikte, probiyotiklerin uzun süreli etkileri hakkında ise net bir bilgi bulunmamaktadır. Ayrıca, probiyotiklerin kullanımında 3 ayrı alternatif uygulama söz konusudur: 1. Zaman ile sınırlanmış kısa süreli uygulamalar, 2. Sürekli ilaveli besleme, 3. İlaveli yemlerin döngülü beslemesi [1]. Yapılan çalışmalara bakıldığında alabalıklarda 30 gün süre ile probiyotik uygulamasının immun parametreleri artırdığı saptanmıştır [20]. Yine 10 gün süre ile yapılan bir *Saccharomyces cerevisiae* uygulamasının da gökkuşuğu alabalığında başarılı olduğu bildirilmektedir [19]. Alabalıklarda *Bacillus spp.*'nin 2 hafta süre ile uygulanmasında olumlu sonuçlar alınmıştır [6]. Uzun süreli uygulamalarda da Aubin ve diğ., probiyotiklerin 5 ay süre ile uygulanmasının etkili olduğunu bildirmektedir [21]. Robertson ve diğ., alabalıklarda *Carnobacterium sp.* ile 14 gün boyunca yaptıkları uygulamada hastalığı azaltmada başarılı olmuşlardır [12].

Etki Göstergeleri

Bağışıklık Sistemine Etkileri

Probiyotik bakterilerin bağışıklık sistemini uyarıcı özelliğinin balıkları bakteriyel enfeksiyonlara karşı korumada çok önemli olduğu belirlenmiştir. Bu bağlamda, som balığı ile yapılan bir çalışmada *Kocuria SM1* türü probiyotik ilave edilmesi ile bağışıklık sistemi parametrelerinin kontrol grubuna göre arttığı ve *Vibrio anguillarum*'a karşı koruyuculuk sağladığı tespit edilmiştir [22]. Gökkuşuğu alabalıkları ile yapılan bir çalışmada *Lactobacillus rhamnosus* ilave edilmiş yemle yapılan besleme sonucunda bağışıklık sistemi yanıtının arttığı tespit edilmiştir [20]. Güncel literatüre bakıldığında probiyotiklerin yeme ilave edilmesinin doğuştan kazanılan bağışıklık savunmasını ve sonradan kazanılan bağışıklık mekanizmasını desteklediği belirtilmektedir [1].

Gelişime Etkisi

Gökkuşuğu alabalıklarında yapılan bir araştırmada probiyotik ilave edilmesinin PER, SGR, KF ve yaşam oranını artırdığı tespit edilmiştir [6]. Yine gökkuşuğu alabalığı ile yapılan başka bir çalışmada yeme *S. cerevisiae* var. *boulardii* ve *Debaryomyces hansenii* ilave edilmiştir. Çalışma sonunda *S. cerevisiae* var. *boulardii* ile beslenen grupta sindirim sisteminin *S. cerevisiae*'nin diğer türlerine yada kontrol grubuna göre daha erken gelişme gösterdiği; yine *S. boulardii* ilaveli yem ile beslemenin kısmi olarak hızlı büyüme sağladığı gözlemlenmiştir [19].

Yaşama Oranına Etkisi

Yetiştiricilikte probiyotiklerin kullanımı ile sağlanan başarılarından biri de yaşama oranının artırılmasıdır. Bagheri ve diğ. (2008), yapmış oldukları çalışmada *Bacillus subtilis* ilave edilmiş yemlerle beslenen gökkuşuğu alabalıklarının üretim koşullarının iyileştirilerek yaşama oranlarının arttığını tespit etmişlerdir [6]. Yine yapılan bir çalışmada, 1 gr. yeme 10^9 ve 10^{12} hücre bir insan probiyotiği olan *Lactobacillus rhamnosus* ilave edildiğinde (51 gün boyunca), 10^9 hücre katıldığında gökkuşuğu alabalığı ölüm oranını % 52,6' dan % 18,9'a, 10^{12} hücre katıldığında % 52,6' dan % 46,3'e indirdiği tespit edilmiştir [8]. Başka bir çalışma sonucunda da alabalıklarda *Pseudomonas fluorescens* ile yapılan uygulamaların enfeksiyona bağlı ölümleri azalttığı bildirilmiştir [18].

Hastalıklara Karşı Dayanıklılık

Probiyotik ilave edilmiş bir yetiştiricilik çalışmasında alabalıklarda görülen spinal deformitelerin azaldığı gözlemlenmiştir [21]. Alabalık yavrularıyla yapılan bir çalışmada *Saccharomyces cerevisiae* ilave edilmiş yemle beslemenin alabalıkların bağırsak gelişimini uyardığı ve bakteriyel enfeksiyonlara karşı direncini artırdığı tespit edilmiştir [11]. Siwicki et al. *S. Cerevisiae* ile beslenen alabalıkların *Aeromonas hydrophila* enfeksiyonlarına karşı en yüksek korumayı sağladığı [22], Quentel ve diğ. (2005) *S. Cerevisiae* ilaveli beslemenin alabalıkları *Yersinia ruckeri*'ye karşı koruduğunu bildirmektedir [23].

Etki Değerlendirilmesinde Kullanılan Teknikler

Probiyotik bakterilerin uygulanmasına bağlı olarak balık metabolizmasında bazı değişiklikler gözlenmektedir. Bu değişim çoğu kez kanda gözlenmektedir. Özellikle kandaki immunolojik parametrelerden serum lizozim aktivitesi, serum alternatif komplement aktivitesi ve plazma toplam immunoglobulinde [24] gözlenen artış probiyotiklerin balığın doğuştan kazanılan bağışıklık sistemi üzerine olumlu etkileri olduğunu, çapraz-reaktif antikorlarda gözlenen değişim ise sonradan kazanılan bağışıklık üzerine etkilerini göstermektedir [1]. Yapılan bir çalışmada balığın maruz kaldığı stresle birlikte artan, kandaki stres indikatörlerinden cortisol ve HSP70' nin probiyotik uygulanan gruplarda düştüğü gözlenmiştir [13]. Bu parametrelerde etki değerlendirmesinde bir belirteç olarak kullanılabilir. Ayrıca biyometrik ölçümlerden elde edilen büyüme parametreleri de (FCR, SGR, KF) [25,26] probiyotiklerin yarattığı etkinin değerlendirilmesinde kullanılabilecek parametrelerdendir.

Gelecekteki Çalışmalar İçin Odak Noktaları

Bugün özellikle salmonidler üzerine yapılan probiyotik çalışmaları bağışıklık sisteminin geliştirilerek hastalıklara karşı direncin ve bunun yanı sıra büyümenin ve yem yararlılığının artırılması hedeflenmiştir. Bu hedef doğrultusunda, özellikle bugünkü yetiştiricilik uygulamalarında karşılaşılan Salmonid türlerinde etkili henüz çalışılmamış farklı patojen bakteri türlerine karşı koruyuculuk sağlanması üzerinde durulmalıdır. Böylece yaşama oranlarının artırılması, büyümenin artırılması mümkün olabilecektir. Ayrıca; yeni probiyotik bakteri türlerinin tespit edilerek uygulanması yönünde araştırmalar gelecek çalışmalar için önem taşımaktadır (1).

Endüstriyel Düzeye Aktarım

Salmonidler üzerine gerekse diğer balık ve sucul omurgasızlar üzerine yapılan probiyotik uygulamalarında başarılı sonuçlar alınmaktadır. Ancak probiyotiklerin su ürünleri

yetiştiriciliğinde uygulamaları hakkında gerek kullanılan probiyotik türün balık türüne uygunluğu gerek balığın bağırsak mikrobiyotasının çevresel faktörlere bağlı olarak çok değişken olması gerekse uygulama doz ve süresinde karşılaşılan sorunlar nedeniyle günümüzde ticari anlamda yapılan tüm çalışmaların endüstriyel düzeye aktarılması söz konusu olamamıştır. Ancak gelecekte bu sorunların aşılmasıyla birlikte daha fazla alternatif probiyotik türün ticari düzeyde kullanımı mümkün olabilecektir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde salmonid yetiştiriciliğinde probiyotiklerin uygulanabilirliği ile ilgili yapılan çalışmalarda hem hastalık direncinin artırılması hem de büyümenin ve yem yararlılığının artırılması konularında olumlu sonuçlar alınmaktadır. Yapılan çalışmalarda gerek uygulama dozu ve süresi gerekse uygulama teknikleri ve büyüme üzerine olan etkileri çalışılmış olmasına karşın bu bilgilerin endüstriyel anlamda daha uygulanabilir hale gelebilmesi için özellikle uygulama dozu ve süresi hakkında ileri çalışmalara ihtiyaç vardır. Ancak gelinen noktada probiyotiklerin tercih edilmesindeki diğer bir faktör olan ekonomik yararlılık açısından bakıldığında probiyotik içerikli yemlerin uygulanması, probiyotik içermeyen yemlerle karşılaştırıldığında, maliyet yararlılık analizinde probiyotik içeren yemler en yüksek net dönüşüme ve en düşük toplam maliyeti işaret etmektedir. Yemden yararlanmayı ve büyümeyi en yüksek seviyeye çıkarması, protein sindirilebilirliğini artırması ve ölüm oranını azaltması gibi avantajları, kullanılan yemin maliyeti artsa bile probiyotik içermeyen yemlerin kullanımına göre sağladığı avantajlar nedeniyle maliyet açısından avantajlı görülmektedir. Ancak yine de elde edilen büyüme verilerinin getirdiği ekonomik kazanç ile yemlere probiyotik ilave edilmesinin maliyeti karşılaştırılmalıdır. Bununla birlikte probiyotiklerin ekonomik etkinliğinin sağlanabilmesi için işletmelerde optimum uygulama kriterlerinin de büyük ölçüde önem taşıdığı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Merrifield LD, Dimitroglou A, Foey A, Davies JS, Baker MTR, Bøgwald J, Castex M, Ringø . 2010. The current status and future focus of probiotic and prebiotic applications for salmonids. *Aquaculture*. 302: 1-18.
- [2] FAO FIGIS 2009. <http://www.fao.org/fishery/statistics/global-aquaculture-production/query/en>.
- [3] Meunpol O, Lopinyosirib K, Menasveta P. 2003. The effects of ozone and probiotics on the survival of Black Tiger Shrimp (*Penaeus monodon*). *Aquaculture*. 220: 437-448.
- [4] Yaman F, Esendal Ö. 2004. Balıklarda probiyotik kullanımı. *Orlab On-Line Mikrobiyoloji Dergisi*, Cilt: 02 Sayı: 06 Sayfa: 1-18.
- [5] Kesarcodi-Watson AK, Kaspar H, Lategan JM, Gibson L. 2008. Probiotics in aquaculture: The Need, Principles and Mechanisms of Action and Screening Processes. *Aquaculture*. 274: 1-14.
- [6] Bagheri T, Hedayati AS, Yavari V, Alizade M, Farzanfar A. 2008. Growth, survival and gut microbial load of Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fry given diet supplemented with probiotic during the two months of first feeding. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 8: 43-48.
- [7] EL-Haroun RE, A-S Goda MA, Kabir Chowdhury AM. 2006. Effect of dietary probiotic biogens supplementation as a growth promoter on growth performance and feed utilization of Nile Tilapia *Oreochromis niloticus* (L.). *Aquaculture Research*. 1-8.
- [8] Irianto A, Austin B. 2002. Probiotics in aquaculture. *Journal of Fish Diseases*. 25: 633-642.
- [9] Moriarty WJD, Decamp O, Lavens P. 2005. Probiotics in aquaculture. *AQUA Culture Asia Pacific Magazine*. September/October.
- [10] Gatesoupe JF. 2007. Live yeasts in the gut: Natural Occurrence, Dietary Introduction, and their effects on fish health and development. *Aquaculture*. 267: 20-30.
- [11] Gatesoupe JF, Aubin J, Quentel C, Labbe L. 2005 a. Ofimer probiotic study on rainbow trout. IV. The settlement of intestinal microbiota in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fry submitted to probiotic treatment. In: Hendry, C.I., Van Stappen, G., Wille, M., Sorgeloos, P. (Eds.), *Larvi 2005, 4th Fish and Shellfish Larviculture Symposium*, 5-8 September 2005, Ghent University, Gent, Belgium. *EAS Special Publication*, vol. 36. European Aquaculture Society, Oostende, Belgium, pp. 180-183.
- [12] Robertson WAP, O'Dowd C, C. Burrells C, Williams P, B. Austin B. 2000. Use of *Carnobacterium* Sp. as a probiotic for Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum). *Aquaculture*. 185: 235-243.
- [13] Carnevali O, De Vivo L, Sulpizio R, Gioacchini G, Olivotto I, Silvi S, Cresci A. 2006. Growth improvement by probiotic in European sea bass juveniles (*Dicentrarchus Labrax*, L.), with particular attention to IGF-1, myostatin and cortisol gene expression. *Aquaculture* .258: 430-438.
- [14] Kumar R, Mukherjee Cs, Prasad PK, Pal KA. 2006 b. Evaluation of *Bacillus subtilis* as a probiotic to Indian Major Carp *Labeo rohita* (Ham.). *Aquaculture Research*. 37: 1215-1221.
- [15] Lara-Flores M, Olvera-Novoa AM, Guzman-Mendez BE, Lopez-Madrid W. 2003. Use of the *Bacteria streptococcus Faecium* and *Lactobacillus Acidophilus*, and the *Yeast Saccharomyces Cerevisiae* as growth promoters in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*. 216: 19-201.
- [16] Gatesoupe JF. 2005 b. Probiotics and prebiotics for fish culture, at the parting of the ways, aqua feeds: Formulation & Beyond, Vol. 2, Issue 3.
- [17] Vine GN. 2004. Towards In the development of a protocol for the selection of probiotics marine fish larviculture. Doctorate Thesis.
- [18] Gomez-Gil B, Roque A, Turnbull FJ. 2000. The use and selection of probiotic bacteria for use in the culture of larval aquatic organisms. *Aquaculture*. 191: 259-270.
- [19] Waché Y, Auffray F, Gatesoupe JF, Zambonino J, Gayet V, Labbé L, Quentel C. 2006. Cross effects of the strain of

- dietary *Saccharomyces cerevisiae* and rearing conditions on the onset of intestinal microbiota and digestive enzymes in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* fry. *Aquaculture*. 258: 470–478.
- [20] Panigrahi A, Kiron V, Puangkaew J, Kobayashi T, Satoh S, Sugita H. 2005. The viability of probiotic bacteria as a factor influencing the immune response in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*. 243: 241- 254.
- [21] Aubin J, Gatesoupe JF, Labbe L, Lebrun L. 2005. Trial of probiotics to prevent the vertebral column compression syndrome in Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum). *Aquaculture Research*. 36: 758-767.
- [22] Sharifuzzaman MS, Austin B. 2010. Development of protection in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum) to *Vibrio anguillarum* following use of the probiotic *Kocuria* SM1. *Fish & Shellfish Immunology*. Article in press.
- [23] Siwicki, A.K, Anderson, D.P, Rumsey, G.L, 1994. Dietary intake of immunostimulants by rainbow trout affects non-specific immunity and protection against furunculosis. *Vet. Immunol. Immunopathol.* 41, 125-139.
- [24] Quentel, C, Gatesoupe, F.J, Aubin, J, Lamour, F, Abiven, A., Baud, M, Labbé, L, Forraz, M, 2005. Ofimer probiotic study on rainbow trout. I. Resistance against *Yersinia ruckeri* and humoral immune response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) submitted to probiotic treatment with *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii*. In: Howell, B, Flos, R (Eds.), *Lessons from the Past to Optimise the Future, Aquaculture Europe 2005*, 12 Trondheim, Norway, 5–9 August 2005. EAS Special Publication, vol. 35. European Aquaculture Society, Oostende, Belgium, pp. 380–381.
- [25] Korkut YA, Kop A, Demirtaş N, Cihaner A. 2007. Balık beslemede gelişim performansının izlenme yöntemleri. *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi*. Cilt 24, sayı 1-2: 201-205.
- [26] Can E. 2001. Probiotik ürünlerin levrek (*Dicentrarchus labrax*, L. 1758) larvalarının gelişimine etkisi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. Tez no: 114053.