



**TÜRKİYE TABİATINI KORUMA DERNEĞİ**  
**TABIAT VE İNSAN DERGİSİ**  
***JOURNAL OF NATURE AND MAN***  
**2022 1(191)**


**VETERİNER HEKİMLİK AÇISINDA ÖNEMLİ *VIBRIO* TÜRLERİ VE İNFEKSİYONLARI**

Banur Boynukara 

Namık Kemal Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, Tekirdağ,  
Türkiye.  
banur61@hotmail.com

Seyda Cengiz 

Atatürk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, Erzurum, Türkiye.  
seydacengiz@atauni.edu.tr

Mehmet Cemal Adıgüzel 

Atatürk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, Erzurum, Türkiye.  
mcemal.adiguzel@atauni.edu.tr

**Referans:** Boynukara B, Cengiz S, ve Adiguzel MC (2022) Veteriner Hekimlik Açısında Önemli *Vibrio* Türleri ve İnfeksiyonları. *Tabiat ve İnsan*, 1(191), 2-15.

## Veteriner Hekimlik Açısında Önemli *Vibrio* Türleri ve İnfeksiyonları

### Özet

Su ürünleri yetiştiriciliği, dünya çapında hızlı bir büyüme trendine sahip yüksek proteinli kaynak pazarıdır. Su ürünleri yetiştiriciliğinde artan üretim, üretimin karlılığını ve sürdürülebilirliğini olumsuz etkileyen salgınları da beraberinde getirmektedir. Özellikle, kültürü yapılan kabuklu deniz ürünleri, karides ve balıklarda önemli ekonomik kayıplara neden olabilen önemli hastalıklardan vibriozis sorumludur. *Vibrio* türleri su ürünleri yetiştiriciliği için önemli derecede olumsuz etkilere sahiptir ve tedavi oldukça maliyetlidir. Ayrıca su ürünleri yetiştiriciliğinde vibriozise neden olan türlerin virülans, toksin genleri, konak hücreler üzerindeki etkileri ve sosyo-ekonomik etkileri ile ilgili çalışmalar sınırlıdır. Ayrıca *Vibrio* türleri, özellikle halk sağlığı için önemli olan zoonotik hastalıkları tetikleyebilen önemli patojenler içermektedir. Bu derleme, su ürünleri hastalıkları hakkında etiyoloji, epidemiyoloji, patogenezi, klinik belirtiler, patolojik bulgular, tanı, bulaşma, risk faktörleri ve kontrol önlemleri dahil olmak üzere çeşitli güncellenmiş temel bilgileri vurgulamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** balık hastalıkları, kültür balıkçılığı, *Vibrio*, yetiştiricilik

### The Important *Vibrio* Species and Their Infections for Veterinary Medicine

#### Abstract

Aquaculture is a high-protein resource business that is rapidly expanding across the world. Increased aquaculture output carries with it diseases that have a damaging effect on the profitability and long-term viability of the industry. Vibriosis, in particular, is responsible for a number of infections that can result in large monetary costs in farmed shellfish, shrimp, and fish. *Vibrio* species cause diseases that are costly to treat and have adverse effects. Furthermore, there are little investigations on the toxin genes, virulence, effects on host cells, and socioeconomic impacts of the species that cause vibriosis in aquaculture. *Vibrio* species also include significant pathogens that can cause zoonotic infections, which are particularly dangerous to public health. This review covers a wide range of topics related to aquaculture illnesses, such as origin, pathogenesis, epidemiology, clinical symptoms, pathological findings, transmission, diagnosis, risk factors, and control approaches.

**Keywords:** aquaculture, farming, fish disease, *Vibrio*

### 1. GİRİŞ

Su ürünleri yetiştiriciliği, dünya çapında en hızlı büyüyen yüksek proteinli kaynak pazarıdır. Bazı gelişmekte olan ülkelerde, küresel ekonomik refah ve sosyal dengeye katkıda bulunarak gıda değerlerini yükseltir ve açlığı azaltır. Su ürünleri yetiştiriciliği, ilaç, yem düzenlemiş çiftçilik gibi stratejiler vasıtasıyla topluluklar bireyler yâda şirketler tarafından balık ve kabuklu deniz ürünleri ile birlikte suda yaşayan organizmaların gelişmesi olarak tanımlanmaktadır. Su ürünleri endüstrisi ayrıca %15'ten daha fazla hayvansal protein ve kalsiyum, demir, A vitamini ve çinko içeren esansiyel mikrobeyinler sağlayan insan diyetleri için önemlidir (Ina-Salwany ve ark. 2019). Ancak, su ürünleri yetiştiriciliğindeki infeksiyonların dünya çapında ekonomik ve sosyal bir etkiye sahip olduğu bilinmektedir. *Epinephelus* spp.'de kaydedilen infeksiyonların %67'si, gelişimin tüm aşamalarını etkileyen ve balıkların yarısına kadar öldürebilen vibriosis olduğu bildirilmiştir (Chong ve ark. 2011). Birkaç Vibrionaceae türü, insanlarda ve suda yaşayan hayvanlarda sağlık sorunlarıyla ilişkilendirilmiştir (Ina-Salwany ve ark. 2019). 1965'te

Veron, polar flagella kullanarak hareketli ve oksidaz pozitif olan enterik olmayan, fermentatif, gram-negatif çubuk şeklindeki bakterileri Vibrionaceae olarak adlandırdı. Vibrionaceae'yi Enterobacteriaceae'den ayırt etmek için yeni bir grup yapılmıştır. Berger'in Manual of Determinative Bacteriology kitabına göre Vibrionaceae, *Vibrio*, *Aeromonas*, *Photobacterium* ve *Plesiomonas* dahil olmak üzere dört ana cinse ayrılan Gammaproteobacteria sınıfının bir üyesidir. Bununla birlikte, iki yeni cins, *Listonella* ve *Shewanella* ve yeni bir Aeromonadaceae familyası, son yıllarda dizileme analiz teknikleri geliştirilerek belirlenmiştir (Garrity 2007).

## 2. ÖNEMLİ *VIBRIO* TÜRLERİ

### 2.1. *Vibrio* spp.

*Vibrio* türleri hem tarihi hem de çağdaş dönemlerde önem taşıyan bakterilerdir. *Vibrio cholerae*, yüzyıllar boyunca insanlık için ciddi bir sorun olan Asya kolerasına neden olan bakteridir (Satitsri ve ark. 2016; Begum ve ark. 2018; Mohamad Mustafa ve ark. 2019; Balasubramanian ve ark. 2021). Bakteri ilk olarak 1854 yılında İtalyan Filippo Pacini tarafından tanımlanmış ve isimlendirilmiştir. Bundan sonra Alman bilim adamı Robert Koch onu saf kültürlerde kıvrımlı veya virgül şeklinde bir bakteri olarak tanımlamış ve "Kommabacillus" adını vermiştir (Bonnin-Jusserand ve ark. 2019, Davenport ve ark. 2019).

Birkaç Vibrionaceae türünün deniz hayvanlarında infeksiyonla ilişkili olduğu saptanmıştır. Son yıllarda yapılan çalışmalarda *V. parahaemolyticus*, *V. anguillarum* (eski adıyla *Listonella anguillarum*), *V. salmonicida*, *V. ordalii*, *V. vulnificus*, *V. harveyi*, *V. alginolyticus*, *V. owensii* ve *V. campbelli* suda yaşayan hayvanları etkileyen en yaygın türler olarak tanımlanmıştır. Ek olarak, kum stenbralarından izole edilen *Photobacterium damsela* subsp. *piscicida* (önceden Janssen ve Surgalla tarafından 1968'de tanımlanmıştır ve *Pasteurella piscicida* olarak bilinir), *P. damsela* subsp. *damsela* (önceden *V. damsela* olarak biliniyordu) ve *P. toruni* gibi bazı *Photobacterium* türleri yakın zamanda tanımlanmıştır. *Vibrio* türleri, deniz kıyı sularında ve dünyadaki su ortamlarının çoğunda büyük miktarlarda bulunabilir. Ek olarak, mercanlar, balıklar, yumuşakçalar, deniz otu, süngerler, karides ve zooplankton gibi deniz canlılarında da bol miktarda yer aldığı bulunmuştur (Procop ve ark. 2017).

### 2.2. Vibriosis

Farklı *Vibrio* türleri tarafından meydana gelen vibriosis yabani ve kültür balıkçılığında balık kayıplarının önemli bir nedeni olarak görülür. Bu türler içinde *Vibrio ordalii*, polar flagellalı, Gram negatif kıvrımlı bir çomaktır. Atlantik salmonidlerini (*Salmo salar*) etkileyen ve soğuk su vibriosisi olan *Vibrio salmonicida* ise fakültatif anaerob, hareketli ve çomak şekilli bir bakteridir. Etken polar flagellaya sahiptir ve balıklardan izole edildiğinde yüksek derecede pleomorfizm gösterir. *Vibrio anguillicida* olarak da bilinen *Vibrio vulnificus*, kültür yılan balıklarında (*Anguilla japonica*) hastalığa neden olmaktadır (Mohamad ve ark. 2019; Bonnin-Jusserand ve ark. 2019; Procop ve ark. 2017).

### Epidemiyoloji

*Vibrio* türleri coğrafik olarak yabani ve kültür balıkçılığında geniş bir alanda infeksiyon oluşturabilir. %1,5'lük optimum tuz konsantrasyonu ile %0,5-4 NaCl varlığında üreyebilen halofilik bakterilerdir. Bakteriler psikrofilidir ve optimum üreme sıcaklıkları 12-15°C olmasına rağmen 1-22°C arasında da üreyebilmektedirler. Balıklarda dışkı ile atılabilen *Vibrio* türleri içinden *V. salmonicida*, infeksiyonu geçirmiş çiftliklerde 7 ay sonrasında bile havuzdaki tortulardan izole edilebilmektedir. *V. salmonicida*, Norveç'teki kültür balıkçılığını etkileyen soğuk su vibriosisin etiyolojik ajanı olarak da tanımlanmaktadır. Etken 1977'de ortaya çıkarak,

ilk defa 1979'da Norveç'in Hitra adasındaki balık çiftliklerinde büyük çapta ekonomik kayıplı infeksiyon meydana getirmiştir. Bu nedenle etkenin oluşturduğu hastalığa Hitra hastalığı da denmektedir. Bu tarihten sonra, batı ve kuzey Norveç kıyılarında hastalık ciddi ekonomik kayıplar oluşturmuştur. Bununla birlikte, İskoçya ve Kanada'da da hastalık saptanmıştır. *Vibrio* kaynaklı infeksiyonlar Atlantik solmonidi, gökkuşağı alabalığı, gümüş balıkları, kral somon balıklarını ve yılan balıklarını etkiler. İnfeksiyonlar, çoğunlukla sonbahar, kış ya da erken ilkbaharda ortaya çıkar (Procop ve ark. 2017; Austin ve Austin 2016).

#### *Klinik ve Otopsi Bulguları*

*Vibrio* infeksiyonlarında, etken farklı dokulara affinite göstermekle birlikte sıklıkla kas ve deriye lokalize olmaktadır. Lokalize olduğu dokularda nekroz ve hemorajiler oluşturur. Etkilenen hayvanlarda yaygın anemi ve iç organlarda hemorajiler görülür. Yeni ölmüş balıkların kanında etkene rastlamak mümkündür. İnfekte balık yavrularında katarakt, kraniyal kanamalar ve splenomegali meydana gelir. *Vibrio* türleri salmonidlerde solungaç kısımlarındaki bağ dokuda, sindirim sisteminde ve pilorik midede bulunmaktadır (Procop ve ark. 2017; Austin ve Austin 2016).

#### *Teşhis*

*Vibrio* türleri, kanlı agarda, küçük, hemolizsiz ve grimsi renkte pigmentsiz koloniler meydana getirirler. Deneysel olarak infeksiyon oluşturulmuş balıkların dışkılarından izolasyon gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle dışkı ile saçılma sonucunda deniz sedimentlerinden izolasyon gerçekleştirilmesi mümkündür. Ayrıca sağlıklı balıklarda taşıyıcı olabilir ve deniz ortamında etkenin yayılmasına neden olabilir. *V. salmonicida* serolojik olarak *V. anguillarum*'dan ayrılır. *Vibrio* türleri %1 NaCl ilave edilmiş triptik soy broth veya beyin-kap infüzyon besiyerinde 30°C'de üreyebilmektedir. Etkenin hızlı tanımlanması için ELISA kullanılmaktadır. Etken aynı zamanda farelerde de tanımlanmıştır. Ancak yılan balıklarından izole edilen suşların yalnızca yılan balıklarında infeksiyon meydana getirdiği tanımlanmış ve bu suşlar *V. vulnificus* biogroup 2 olarak adlandırılmıştır (Bonnin-Jusseran ve ark. 2019).

#### *Sağaltım-Koruma-Kontrol*

*Vibrio* infeksiyonlarının tedavisinde antibiyotik seçenekleri fazladır. Ancak doğal ortamda bu antibiyotik tedavisinin uygulama şansı düşüktür. Kontrollü çiftliklerde ise florfenikol, oksanilik asit, kinolon grubu antibiyotikler kullanılabilir. Ancak antibiyotik kullanımlarında direnç gelişimi ve antibiyotik kalıntı durumlarına dikkat edilmesi gereklidir. İnfeksiyonun engellenmesinde balık çiftliklerindeki su ve yem kalitesinin izlenmesi, stres oluşturan faktörlerin azaltılması, etkili biyogüvenlik önlemlerinin alınması oldukça önemlidir. Son dönemde gelişen aşı teknolojileri ile aşılama ile de infeksiyonlara karşı korunma mümkün olmaktadır (Procop ve ark. 2017; Austin ve Austin 2016).

### **2.3. *Listonella* Cinsi**

*Listonella* cinsi, 1817 yılından itibaren hem kültür hem de doğal balıkçılığı etkilediği bilinen *Vibrio* türlerinden, 1985 yılında bakterilerin filogenetik analizleri için 5S rRNA gen dizilerinin kullanılması ile ayrılmıştır. MacDonell ve Colwell'e (1985) göre, *Listonella* cinsi *L. anguillarum*, *L. damsela* ve *L. pelagia* türlerini içermektedir (MacDonell ve Colwell 1985). *L. damsela*, daha sonra 16S rRNA gen sekans analizi sonucunda *Photobacterium damsela* olarak yeniden sınıflandırılmıştır (Smith ve ark. 1991).

*L. pelagia* (*V. pelagia*), ilk defa 1971 yılında deniz suyundan izole edilmiştir. Britanya'da deniz sularından en sık izole edilen *Vibrio* türü olarak tanımlanmıştır (Baumann ve ark. 1971). Uzun

yıllar non-pataojenik olarak tanımlanan bu tür, özellikle 2000 yılından sonra çeşitli ülkelerde kalkan balıklarında ve midyelerde ortaya çıkan salgınlardan izole edilmektedir (Thompson ve ark. 2011).

*L. anguillarum* (*V. anguillarum*), Canestrini tarafından 1893 yılında yılan balıklarından ilk kez izole edildiğinde *Bacterium anguillarum* olarak tanımlanmış, Baltık Denizindeki yılan balıklarından izole edildiğinde Bregman (1909) tarafından *Vibrio anguillarum* olarak isimlendirilmiştir (Bergman 1909). Bugün *Listonella* cinsi içinde yer alan türler sucül ortamlarda çeşitli balıkların ve kabuklu deniz hayvanlarının fırsatçı bir patojeni olarak incelenmektedir. *Listonella* cinsi içinde en yaygın tür olarak *L. anguillarum* belirlenmiştir. Son yapılan çalışmalara göre *L. anguillarum* 23 farklı O serotipe (O1-O23) sahiptir. O1 ve O2 serotipi en virulent serotiplerdir (Mohamad ve ark. 2019). Dünyada, O1, O2 ve O3 serotipleri balık ölümlerinde sık saptanan serotiplerdir (Noga 2010). Levreklerde O1 serotipi, alabalıklarda ise O1 ve O2 serotipi infeksiyondan sorumludur (Mohamad ve ark. 2019). Ülkemizde ise balık ölümlerinden en sık O1 serotipi izole edilmektedir (Tanrıkul ve Gultepe, 2011; Parin ve ark. 2019).

*Listonella* türleri, monotrik veya peritrik flagellalı, Gram negatif, kıvrık çomak şeklinde bakterilerdir. Kemoorganotrofik, oksidaz pozitifler. 25-35°C arasında üreme yeteneğine sahiptirler. Nötr pH'da daha iyi üreme gösterirken, pH 6'nın altında ya da 9'un üzerinde üreme inhibe olur. Halofilik özelliğe sahip bu türler, %1-2 NaCl içeren ortamlarda rahatlıkla üreyebilmektedir. Besiyerindeki tuz oranı ile özellikle *L. anguillarum*'un hareketi arasında da doğrudan bir ilişki vardır. %7'nin üzerinde NaCl bulunan ortamlarda, 5°C'nin altında ve 41°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda üreme baskılanır (Procop ve ark. 2017).

#### 2.4. Balıkların Kızıl Hastalığı

Etken *Listonella anguillarum* (*Vibrio anguillarum*)'dur. Gram negatif, virgül şeklinde, hareketli, fakültatif anaerop, sporsuz çomak şekilli bir bakteridir. *Listonella*'lar organik yükü fazla, zemini yumuşak, dalgasız sularda çok miktarda bulunur. %1,5 sodyum klorür (NaCl) içeren beyin-kalp infuzyon, triptik soy broth veya agar gibi besiyerlerinde 25-30°C'de kolaylıkla üreyebilme yeteneğine sahiptir. Katı besiyerlerinde yuvarlak, krem renkli koloniler oluşturur. *L. anguillarum*, halofilik özelliğe sahiptir ve farklı tuz konsantrasyonlarında yaşayabilir. *L. anguillarum* sekans analizi sonucunda kromozom I de sekiz genomik bölge ve kromozom II de iki genomik olmak üzere iki kromozomdan meydana gelmektedir. Arginin dihidrolaz, katalaz, β-galaktosidaz, indol ve oksidaz üretirken, H<sub>2</sub>S, lizin ve ornitin dekarboksilaz, fenilalanin deaminaz ve üreaz üretmez. Voges Proskauer testi pozitif, metil kırmızısı testi ise negatiftir. Kitin, jelatin, DNA, lipid ve nişastayı ayrıştırırken, eskülünü ayrıştırmaz. Nitratı indirger ve %0,3-3 NaCl bulunan ortamlarda ürer. Sitrat, tartrat ve malonatı kullanır. Amıgdalin, arabinoz, sellobiyoz, galaktoz, gliserol, maltoz, mannitol, sorbitol, sukroz ve trehalozdan asit üretme yeteneğine sahipken, adonitol, dulsitol, eritritol, inositol, laktoz, melibiyoz, rafinoz, ramnoz, salisin ve ksilozdan üretmez (Austin ve Austin 2016).

#### Epidemiyoloji

*L. anguillarum* (*V. anguillarum*) başta yılan balığı, dil balığı, alabalık, uskumru, morina, salmon ve benzeri balık türleri olmak üzere çok sayıda deniz ve tatlı su balıklarında, çift kabuklu ve eklem bacaklılarda ölümcül hemorajik septisemi ile seyreden infeksiyonlara ve tüm dünyada hem balık hem de larva yetiştiriciliğinde önemli ekonomik kayıplara neden olan bir bakteridir. İnfeksiyon yılan balıklarında enzootik seyirlidir. Bu hayvanlar aynı zamanda etkenin rezervuarıdır (Ina-Salwany ve ark. 2019).

İnfeksiyonun kaynağı balık dışkıları, ölü balıklar ve kontamine yemlerdir. Hastalık dışkı ve açık yaralardan saçılır. Sindirim ve deri yoluyla bulaşır. Deri üzerindeki zedelenmiş bölgeler ve ektoparazitlerin açtığı portantreler bulaşmada önemli kaynaktır. Salgınlar su sıcaklığının yüksek olduğu yaz aylarında ve balıkların derilerinde ağır metaller ve paraziter infestasyonlara bağlı olarak tahribatın yoğun olduğu dönemlerde sıkça görülür. Etken barsak florasında bulunabilir ve fırsatçı infeksiyon oluşturur (Austin ve Austin 2016; Frans ve ark. 2011).

#### *Klinik ve Otopsi Bulguları*

İnkubasyon süresi ve virulense bağlı olarak değişmekle beraber ortalama 3 gündür. Mortalite oranı %40-60 arasında değişir. Perakut vakalarda özellikle yılan balıklarında herhangi bir semptom görülmeden ölümler gelişir. İştahsızlık, uyuşukluk, su yüzeyine yakın yüzme, denge bozuklukları görülür. İnfekte hayvanların ağız, solungaç, karın ve anüs bölgelerinde peteşiler, deri yüzeyinde ülserleşme, hemorajiler, yüzgeç uçlarında erozyonlar oluşur ve zamanla nekrozlaşır. Ekzoftalmus ve korneada opaklaşma görülebilir. Deri altı, iç organ ve kaslarda peteşiyel hemorajiler, barsakta yangı, dalakta büyüme ve nekroz, böbrek ve karaciğerde nekroz odakları ve belirgin anemi vardır. Solungaçlar solgun, karaciğer hiperemiktir (Austin ve Austin 2016; Frans ve ark. 2011).

#### *Teşhis*

Etkenin izolasyonu amacıyla %1,5-3,5 NaCl içeren nutrient agar, %1-2 NaCl içeren tripticase soy agar, thiosülfat sitrat safra tuzu sukroz agar (TCBS), tuz-nişasta agar, bromtimol mavisi teepol-tuz agar kullanılabilir. Etken, VAM (*Vibrio anguillarum* Medium) seçici besiyerinde, besiyerinin rengini sarıya çevirerek sarı renkli koloni oluşturur. API 20E sistemi kullanılarak etkenin identifikasyonu kolaylıkla yapılır. Teşhiste en güvenilir yöntemlerden birisi de serotiplendirme. Serotip 1,2,3 ve çevresel suşlar olan 4,5 ve 7'nin teşhisinde spesifik monoklonal antikor testi kullanılmaktadır. Teşhiste, konvansiyonel yöntemlerin yanı sıra, PCR gibi moleküler tekniklerde sıklıkla kullanılmaktadır (Balta ve Dengiz Balta 2017; Onuk ve ark. 2018; Akaylı ve ark. 2018; Kazazić ve ark. 2019).

#### *Sağaltım-Koruma-Kontrol*

Doğada yaşayan balıkların infeksiyondan korunması veya tedavisi pratikte mümkün değildir. Kültür balıklarında antibiyogram testi sonuçlarına göre yemlere antibiyotik katılır. Oksitetrasiklin, sulfametazol-metoprin, eritromisin ve oksanilik asit tedavide kullanılabilir. Direnci arttırmak için yemlere özellikle C vitamini, selenyum ve probiyotikler ilave edilebilir. Probiyotiklerin, balık ölümlerini azaltmada önemli katkı sağladığı yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur (Austin ve Austin 2016; Touraki ve ark. 2013; Huang ve ark. 2014). Bilinen en kalıcı persistent infeksiyöz etkenlerden birisi *L. anguillarum*'un tanklara yerleştikten sonra elimine edilmesi oldukça güçtür. Tanklar boşaltılmalı, dezenfeksiyon ve sterilizasyon işlemleri yapılmalıdır. *L. anguillarum* 44°C de 3 dakikada, 47,5 °C de 2 dakikada inaktive olmaktadır, koruyucu amaçla balıklar konulmadan önce havuz sıcaklığı artırılmalıdır (Austin ve Austin 2016). Kültür balıklarına ağız veya parenteral yolla 4 hafta süre ile konsantre aşı uygulaması koruyucu bağışıklık sağlar. Aşılama, 1-4 gr arasındaki balıklarda banyo yöntemi ile, 15 gr'dan büyük balıklarda enjeksiyon yöntemi ile yapılmalıdır. Sodyum salisilat, sodyum karpas ve vitamin E katkısı oral aşılamalarda emilimi arttırmaktadır (Hickey ve Lee 2018; Sun ve ark. 2020; Xing ve ark. 2021).

## **2.5. *Photobacterium* Cinsi**

İlk olarak 1889 yılında Beijerinck tarafından keşfedilen *Photobacterium* cinsi bakteriler, Gram negatif, kalın, çomak şekilli, 0.8-1.3 mikrometre çap ile 1.8-2.4 mikrometre uzunluğuna sahip, fakültatif aerobik karakterde, Gamaproteobactericea sınıfında *Vibrionaceae* familyası içinde bulunurlar. Bir veya üç kılıfsız flagellaya sahip olan türler hareketli iken, bazı türlerinde hareket özelliği bulunmaz. Genel olarak oksidaz ve katalaz özellikleri pozitif olan bu bakteriler nitratı nitrite çevirirler. Bazı suşların üremeleri için aminoasitlere ihtiyacı bulunmaktadır. Optimal üreme için sodyuma ihtiyaç duyarlar. Glukozdan asit-gaz veya sadece asit oluştururken, laktozu kullanmazlar. Optimal üreme ısıları 18-25 °C arasında değişmektedir. Eskimiş kültürlerde ve uygun olmayan koşullarda involusyon formları oluşabilir. Suşların büyük bir kısmı deniz suyu temelli, D-glukoz ve NH<sub>4</sub>Cl bulunan ortamlarda üreyebilirken, bazıları L-metionine ihtiyaç duyarlar (Garrity 2007; Zhang ve ark. 2019; Xie ve ark. 2021). Bu cins içindeki bakterilerin bir diğer özelliği de soğuğa adapte olmuş lipaz, asparajinaz, esteraz ve antimikrobial komponentler gibi çoklu doymamış yağ asidi üretmeleridir. Bu nedenle gıdaların izlenmesinde biyosensör olarak kullanılabilirler. Ayrıca ürettikleri bazı doymamış yağ asitleri ilaç sektörü, gıda katkı maddeleri ve besin desteklerinde kullanılmaktadır. Aynı zamanda soğuğa dayanıklı lipaz, esteraz ve asparajinaz gibi çeşitli enzimlerde deterjan üretimi, gıda endüstrisi, biyolojik ilaçlar, biyodizel üretimi ve antikanser ilaçları gibi farklı alanlarda kullanılabilmektedir (Fuertes-Perez ve ark. 2019; Yıldız ve Visick 2009).

*Vibrio* türlerinin ortak özellikleri metabolitlerinin çoğunlukla antimikrobiyal özellik göstermeleridir. *Photobacterium* türleri de ortaya çıkardıkları çeşitli metabolitleri ile (pyrrothine-homolysin, korormicin) klinik olarak patojenik özelliğe sahip *E. coli*, *S. aureus*, *V. parahemolyticus* gibi pek çok bakteriye karşı antibakteriyel özellik gösterirler (Zhang ve ark. 2021).

Genomik yönden biri büyük biri küçük olmak üzere 2 kromozoma sahip olan *Photobacterium* türlerinde hayati öneme sahip gen yapılarının büyük kromozomda bulunduğu belirlenmiştir. Ayrıca bakteri, farklı plazmidleri de yapısında bulundurmaktadır. Bu plazmid yapılarının *Photobacterium* türlerinde konjugasyon, antibiyotik direnci ve virulens özellikleri ile ilişkili olduğu, bazılarının ise toksin yapılarını kodladığı bildirilmiştir (Vences ve ark. 2020; Valderrama ve ark. 2019). Ayrıca balık ve farelerde hemoliz ve virulensden sorumlu olduğu belirlenmiştir. Farklı bir plazmid yapısının da (Phdp) balıklarda makrofaj ve nötrofiller üzerine etkili bir ekzotoksin kodladığı, bu plazmidin aynı zamanda virulens genlerin transferinde ve *V. cholerae* bakterisine antibiyotik direncinin (beta laktamaz ve kloramfenikol direnci) geçişinde etkili olduğu görülmüştür (Vences ve ark. 2020; Abushattal ve ark. 2020).

## 2.6. *Photobacterium damselea* (*Photobacteriosis*)

*Photobacterium damselea*, balıklarda ve deniz memelilerinde patojenik karaktere sahip bir *Photobacterium* türüdür. Etkene bağlı ilk infeksiyon beyaz levreklerde görülmüştür. *Photobacterium* cinsi bakterilerin patogeneğinde, bakteri tarafından salgılanan ekstraselüler ürünler önemli bir yere sahiptir. Bu ekstraselüler yapılar besin alınımını sağlarken, konakçı oldukları hayvanda invazyonu sağlarlar. Bu ürünler içinde proteazlar, hemolizinler ve siderefor ilişkili demir ayrıştırıcı yapılar bulunmaktadır. Tüm bu yapılar dokuların yıkımı ve hemorajiye neden olurken aynı zamanda kolonizasyonunu da sağlar. Bu cins içindeki bakteri türleri pek çok balık ve memeli hücre hattında sitotoksin aktivitesine sahiptir. *P. damselea*, *damselysin* olarak tanımlanan 69 kDa büyüklüğünde termostabil özellikli ekstraselüler bir sitotoksine sahiptir. Bu toksin, eritrosit membranında bulunan sfingomiyelin yapısına karşı fosfolipaz D enzimi olarak etki gösterir ve pek çok balık türünde eritrositleri hemoliz etme özelliğine sahiptir (Terceti ve ark. 2019; Matanza ve Osorio 2020). Alt tür *P. psicicida*'nın da balıklarda yüksek derecede mortalite ile seyirli infeksiyonlara neden olduğu belirlenmiştir. Her iki alttürün de

virulens mekanizmasında, özellikle bakterinin sahip olduğu polisakkarit kapsüler yapı bakterinin patogeneğinde önemli bir yere sahiptir. Bu yapı balıklarda serum direncinin görülmesine neden olurken bakterinin mortalitesini artırır. Fosfolipaz etkisi, sitotoksisite ve hemolitik aktivitelerin birlikteliği infekte hücrelerin zarar görmesine ve bakterinin konak dokusuna daha iyi penetre olarak hastalık gelişimine neden olmaktadır. Alt tür *P. piscicida*'da 56kDa büyüklüğünde plazmidle kodlanan apoptosizi indükleyen bir ekzotoksine (AIP56) sahiptir. Virulent suşlar tarafından sentezlenen bu toksin yapısı özellikle levreklerde apoptotik aktiviteyi arttırmaya yönelik bir yapıya sahiptir. Böylece hücre ölüm prosesini aktive ederken, konak immun cevabını engeller. Aynı alttürün önemli bir diğer virulens özelliği, konak hücrelerindeki demire yüksek affinite ile bağlanabilen demir bağlayıcı sidereforlardır. Bu sidereforlar *Yersinia* türlerindeki patojenite adalarına benzerlik göstermektedir (Elshopakey ve Elshopakey 2020).

### *Epidemiyoloji*

*Photobacterium* cinsi bakterilerin patojenik karaktere sahip olmalarının yanı sıra, bazı türleri deniz balıklarında konakçı dışında yaşayan simbiyotik özellikli mikroorganizmalardır. Balıklar, bakterinin yaşamsal ihtiyacı için besin ve oksijen sağlarken, bakterinin lokalize olduğu konak yapıları ışık organı olarak görev yapar. Bakteri tarafından sentezlenen lusiferin, luminesans özellik gösterirken, bu ışık yapısı hayvanların çiftleşme, avdan uzaklaşma, avı yakalama gibi davranışlarına yardımcı olur. Aynı zamanda konak doku üzerinde çoğalan bakteriler hem deniz suyuna hem de aynı ortamı paylaşan diğer deniz canlılarına lokalize olur. *Photobacterium* cinsi içerisinde yer alan türler çeşitli hayvansal dokular, balıkların yüzeyle, barsakları gibi çeşitli ekolojik ortamlarda yaşama özelliğine sahiptir (Moi ve ark. 2017). Son dönemlerde *Photobacterium* cinsindeki bazı türler deniz ürünlerinde dondurulmuş hazır gıdalarda belirlenmiştir. Bu *Photobacterium* türlerinin dondurma derecesine dirençli ve insan sağlığı açısından tehlike oluşturdukları bildirilmiştir (Sahu ve ark. 2020).

*Photobacterium* cinsi, *Vibrio* ailesinin bir üyesi olarak Vibriolara benzerlik özelliklere sahiptir. Aynı zamanda bazı türlerin hala *Photobacterium* veya *Vibrio* cinsi içinde yer alıp almadığı ile ilgili çelişkiler bulunmaktadır. Ancak son yapılan çalışmalarda daha önceleri *Vibrio* cinsi içinde kabul edilen *V. damsela*'nın *Photobacterium* cinsi içinde yer alması kabul görmüştür. *P. damsela* türü de *P. damsela* ssp. *piscicida* ve *P. damsela* ssp. *damsela* olarak 2 alt tür altında incelenmiştir. Bu tür dışında *Photobacterium leiognathi*, *Photobacterium phosphoreum*, *Photobacterium profundum* türleri bulunmaktadır (Gupta ve ark. 2021).

### *Klinik ve Otopsi Bulguları*

Yüksek tuz konsantrasyonlarında yaşayabilen bu bakteri türü infekte balıklarda laterji, mukus üretimi, hemorajik ve genişlemiş karaciğer, kanamalı karın boşluğu, asites gibi belirtiler oluşturur. Bu nedenlerden dolayı bakterinin balık çiftliklerine olumsuz etkisi bulunmaktadır. Balık pastorellozu olarak da isimlendirilen infeksiyon yüksek mortalite ve morbidite göstermesinden dolayı kültür balıkçılığında en tehlikeli hastalıklardan biri olarak kabul edilir. Bu cins içindeki türler deniz ekosisteminde ve deniz canlılarının sindirim sisteminde yaygın olarak bulunurken, bazı türler deniz balıklarında özelleşmiş ışık üretimini sağlayan simbiyotikler olarak bulunurlar (Singaravel ve ark. 2020).

### *Teşhis*

Hastalığın teşhisinde, öncelikle alınan örneklerin laboratuvara ulaştırılması oldukça önemlidir. Çoğunlukla deniz canlılarında infeksiyon oluşturan *P. damsela* ssp. *damsela*, balıklardan yapılan örneklemelerde stuart besiyerinde 24 saat sonrasında sayıca azalma göstermeye başlar,



4°C’de 48 ve 72 saat sonrasında yaşama özelliğini yitirir. Bu nedenle örnekleme Amies transport besiyerinde yapılmalıdır. Genel olarak *Photobacterium* türlerinin izolasyonunda başlıca 2 metot kullanılmaktadır. Bunlardan biri deniz suyunun direkt besiyerine ekilmesi, diğeri de balık derisinin zenginleştirme yoluyla besiyerine ekiminin gerçekleştirilmesi şeklindedir. Direkt ekim yönteminde alınan deniz suyu 10-100 ml miktarında marine agar, TCBS, TSA, luminous agar ve yapay deniz suyu agar gibi çeşitli besiyerlerine yayılır. Petriler 15-20 °C’de inkübe edilir. Az sayıda bakteri taşıdığı düşünülen durumlarda 5-300 ml deniz suyu 0.22-0.45 µm’lik filtrelerden geçirilerek bakteri toplanır. Bu filtrelerden TCBS, TSA, kanlı agar, luminous agar, marine agar, *Photobacterium* agar ve yapay deniz suyu agar gibi besiyerlerine ekimler yapılır. Besiyerleri genellikle %0,5-5 oranlarında tuz bulundurur. Üreme de ısı önemli bir faktördür ve çoğunlukla 5-25 °C ısı tercih edilir. Optimal pH ise 6-9 arasında değişim gösterir. Laktoz dışındaki pek çok şekeri karbonhidrat kaynağı olarak kullanmalarının yanı sıra, bazı türler aminoasitleri de karbon kaynağı olarak kullanmaktadırlar. *Vibrio* cinsi içinde yer alan türlerin ayırt edilmesinde kullanılan vibriostatik ajan 0/129 500 µg’a karşı duyarlılık göstermektedir (El-Son ve ark. 2020; Petchimuthu 2020; Yardımcı ve ark. 2020).

#### Sağaltım-Koruma-Kontrol

Hastalığın tedavisinde çeşitli antibiyotikler kullanılabilir olmasına rağmen antibiyotik direncinin hızlı oluşması ve bakteriler arasında transfer edilebilmesi nedeniyle mutlaka antibiyogram sonuçlarına göre antibiyotik seçimi yapılmalıdır. Antibiyotikler içinde, florfenikol, enrofloksasin, oksitetrasiklin gibi farklı etken maddeler kullanılabilir. İnfeksiyondan korunma da ise, genel uygulanan aşı protokolü, balıklar larva formunda iken bir ay ara ile 2 defa daldırma yapılması, balıkların ağırlıkları 50 mg ve 2 gr’a ulaştığında ise oral aşılama yapılmasıdır. İnaktif bakteri aşuları genellikle suya daldırma şeklinde uygulanabilmektedir. Bu aşuların dışında rekombinant, subunit, canlı aşular, araştırma maksatlı olarak enjeksiyon, oral uygulama ve daldırma gibi çeşitli formlarda uygulanmaktadır (Hickey ve Lee 2018; Sun ve ark. 2020; Xing ve ark. 2021).

### 3. SONUÇ

*Vibrio* türlerinin değişkenliği ve adaptasyon potansiyelinin yanı sıra deniz ekosistemindeki yaygın varlığı gibi çeşitli faktörler nedeniyle su ürünleri yetiştiriciliği endüstrisi vibriosis ile ilgili sorunlarla sürekli olarak karşı karşıya kalmaktadır. Vibriozisin küresel etkisini araştıran birçok çalışmaya rağmen, yeni *Vibrio* türlerinin ortaya çıkması insan ve hayvan sağlığı için önemli bir tehdit oluşturmaktadır. İyi su ürünleri uygulamaları, kontrol ajanlarının seçici kullanımı ve uygun aşılama teknikleri ile balık refahının iyileştirilmesine, salgın hastalıkların önlenmesine ve su ürünleri yetiştiriciliği üzerindeki yıkıcı ekonomik etkilerin azaltılmasına katkıda bulunur. Ortaya çıkan antimikrobiyal direnç ile daha çevreci yaklaşımların araştırılmasına ağırlık verilmeli ve biyogüvenlik uygulamaları ile hastalıkların kontrol altına alınmasının ve önlenmesinin mümkün olduğu unutulmamalıdır.

### 4. KAYNAKÇA

Abushattal S, Vences A, Osorio CR (2020) A virulence gene typing scheme for *Photobacterium damsela* subsp. *piscicida*, the causative agent of fish photobacteriosis, reveals a high prevalence of plasmid-encoded virulence factors and of type III secretion system genes. *Aquaculture*, 521:735057. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735057>

Akayli T, Aydin B, Urku C, Kayalar O (2018) Diagnosis of *Vibrio anguillarum* in cultured rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) by different methods. *European Journal of Biology*, 77:26-31.

Austin B, Austin DA (2016) *Bacterial Fish Pathogens: Disease of farmed and wild fish*, 5th edn. Springer International Publishing, Switzerland.

Balasubramanian D, Murcia S, Ogbunugafor CB, Gavilan R, Almagro-Moreno S (2021) Cholera dynamics: lessons from an epidemic. *Journal of Medical Microbiology*, 70:1-11. <https://doi.org/10.1099/jmm.0.001298>

Balta F, Dengiz Balta Z (2017) Serotyping, genetic characterization and antimicrobial susceptibility determination of *Vibrio anguillarum* strains isolated from farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in the eastern Black Sea. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 64:321-328. [https://doi.org/10.1501/Vetfak\\_0000002816](https://doi.org/10.1501/Vetfak_0000002816)

Baumann P, Baumann L, Mandel M (1971) Taxonomy of marine bacteria: the genus *Beneckeia*. *Journal of Bacteriology*, 107:268-294.

Begum YA, Rydberg HA, Thorell K, Kwak YK, Sun L, Joffré E, Qadri F, Sjöling Å (2018) In situ analyses directly in diarrheal stool reveal large variations in bacterial load and active toxin expression of enterotoxigenic *Escherichia coli* and *Vibrio cholerae*. *Mosphere 3*: e00517-17. <https://doi.org/10.1128/msphere.00517-17>

Bergman AM (1909) Die rote beulenkrankheit des aals. *Bericht aus der Koniglichen Bayerischen Versuchsstation* 2:10-54.

Bonnin-Jusserand M, Copin S, Le Bris C, Brauge T, Gay M, Brisabois A, Grard T, Midelet-Bourdin G (2019) *Vibrio* species involved in seafood-borne outbreaks (*Vibrio cholerae*, *V. parahaemolyticus* and *V. vulnificus*): Review of microbiological versus recent molecular detection methods in seafood products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59:597-610. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1384715>

Brenner DJ, Krieg NR, Staley JT (2007) The proteobacteria, Part B: The gammaproteobacteria. Garrity G. eds. *Bergey's Manual® of Systematic Bacteriology*. Springer Science & Business Media, New York. pp. 491-555.

Chong R, Bousfield B, Brown R (2011) Fish disease management. *Veterinary Bulletin–Agriculture, Fisheries, and Conservation Department Newsletter (December 1)* 1: 1–12.

Davenport RJ, Satchell M, Shaw-Taylor LMW. (2019) Cholera as a ‘sanitary test’ of British cities, 1831–1866. *The History of the Family* 24:404-438. <https://dx.doi.org/10.1080%2F1081602X.2018.1525755>

Elbahnaswy S, Elshopakey GE (2020) Differential gene expression and immune response of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) challenged intraperitoneally with *Photobacterium damsela* and *Aeromonas hydrophila* demonstrating immunosuppression. *Aquaculture*, 526:735364. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735364>

El-Son MA, Elbahnaswy S, Ibrahim I (2020) Molecular and histopathological characterization of *Photobacterium damsela* in naturally and experimentally infected Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Fish Diseases*, 43:1505-1517. <http://dx.doi.org/10.1111/jfd.13251>

Frans I, Michiels CW, Bossier P, Willems KA, Lievens B, Rediers H (2011) *Vibrio anguillarum* as a fish pathogen: virulence factors, diagnosis and prevention. *Journal of Fish Diseases*, 34:643-661. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.2011.01279.x>

Fuertes-Perez S, Hauschild P, Hilgarth M, Vogel RF (2019) Biodiversity of *Photobacterium* spp. isolated from meats. *Frontiers in Microbiology*, 10:2399. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.02399>

Gupta N, Partridge GJ, Buller NB, Pilmer L, Currie A, Lymbery AJ (2021) Genetic diversity of Australian isolates of *Photobacterium damsela* subsp. *damsela* is associated with virulence to yellowtail kingfish (*Seriola lalandi*). *Aquaculture*, 538:736552. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736552>

Hickey ME, Lee JL. (2018) A comprehensive review of *Vibrio (Listonella) anguillarum*: ecology, pathology and prevention. *Reviews in Aquaculture*, 10:585-610. <https://doi.org/10.1111/raq.12188>

Huang JB, Wu YC, Chi SC (2014) Dietary supplementation of *Pediococcus pentosaceus* enhances innate immunity, physiological health and resistance to *Vibrio anguillarum* in orange-spotted grouper (*Epinephelus coioides*). *Fish Shellfish Immunology*, 39:196-205. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2014.05.003>

Ina-Salwany MY, Al-saari N, Mohamad A, Mursidi FA, Mohd-Aris A, Amal MNA, Kasai H, Mino S, Sawabe T, Zamri-Saad M (2019) Vibriosis in fish: a review on disease development and prevention. *Journal of Aquatic Animal Health*, 31: 3-22. <https://doi.org/10.1002/aah.10045>

Kazazić SP, Topić Popović N, Strunjak-Perović I, Babić S, Florio D, Fioravanti M, Bojanić K, Čož-Rakovac R (2019) Matrix-assisted laser desorption/ionization time of flight mass spectrometry identification of *Vibrio (Listonella) anguillarum* isolated from sea bass and sea bream. *Plos One*, 14:e0225343. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0225343>

MacDonell MT, Colwell RR (1985) Phylogeny of the Vibrionaceae, and recommendation for two new genera, *Listonella* and *Shewanella*. *Systematic and Applied Microbiology*, 6:171-182. [https://doi.org/10.1016/S0723-2020\(85\)80051-5](https://doi.org/10.1016/S0723-2020(85)80051-5)

Matanza XM, Osorio CR (2020) Exposure of the opportunistic marine pathogen *Photobacterium damsela* subsp. *damsela* to human body temperature is a stressful condition that shapes the transcriptome, viability, cell morphology, and virulence. *Frontiers in Microbiology*, 11:1771. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.01771>

Mohamad N, Amal MNA, Yasin ISM, Saad MZ, Nasruddin NS, Al-saari N, Mino S, Sawabe T (2019) Vibriosis in cultured marine fishes: a review. *Aquaculture*, 512:734289. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734289>

Mohamad N, Mustafa M, Amal MN, Saad MZ, Yasin IS, Al-saari N (2019) Environmental factors associated with the presence of Vibrionaceae in tropical cage-cultured marine fishes. *Journal of Aquatic Animal Health*, 31:154-167. <http://dx.doi.org/10.1002/aah.10062>

Moi IM, Roslan NN, Leow ATC, Ali MSM, Rahman RNZRA, Rahimpour A, Sabri S (2017) The biology and the importance of *Photobacterium* species. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 101:4371-4385. <https://doi.org/10.1007/s00253-017-8300-y>

Noga EJ (2010) *Fish disease: diagnosis and treatment*. 2 edn. John Wiley & Sons, Missouri.

Onuk EE, Altun S, Duman M, Satıcıoğlu İB, Mustak HK (2018) Phenotypic and genotypic characterization of *Listonella anguillarum* isolates from rainbow trout. *Etlik Veteriner Mikrobiyoloji Dergisi*, 29:143-150. <https://doi.org/10.35864/evmd.513537>

Parin U, Erbas G, Savasan S, Yuksel HT, Gurpinar S, Kirkan S (2019) Antimicrobial resistance of *Vibrio (Listonella) anguillarum* isolated from rainbow trouts (*Oncorhynchus mykiss*). *Indian Journal of Animal Research*, 53:1522-1525. <http://dx.doi.org/18805/ijar.v0iOF.7251>

Petchimuthu M (2020) Detection of virulence hemolysin gene (HlyA) in *Photobacterium damsela* subspecies *damsela* isolates. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 8:1326-1330. <https://doi.org/10.22271/j.ento.2020.v8.i6r.8015>

Procop GW, Church DL, Hall GS, Janda WM (2017) Koneman's Color Atlas and Textbook of Diagnostic Microbiology, Wolters Kluwer, Philadelphia.

Sahu KK, Sherif AA, Davaro R. (2020) A rare cause of cellulitis: *Photobacterium damsela*. Journal of Microscopy and Ultrastructure, 8:25. [https://doi.org/10.4103/jmau.jmau\\_63\\_18](https://doi.org/10.4103/jmau.jmau_63_18)

Satitsri S, Pongkorpsakol P, Srimanote P, Chatsudthipong V, Muanprasat C (2016) Pathophysiological mechanisms of diarrhea caused by the *Vibrio cholerae* O1 El Tor variant: an in vivo study in mice. Virulence 7: 789-805. <https://doi.org/10.1080/21505594.2016.1192743>

Singaravel V, Gopalakrishnan A, Dewangan NK, Kannan D, Shettu N, Martin GG (2020) *Photobacterium damsela* subsp. *damsela* associated with bacterial myonecrosis and hepatopancreatic necrosis in broodstock Pacific white leg shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). Aquaculture International, 28:1593-1608. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10499-020-00545-w>

Smith SK, Sutton DC, Fuerst JA, Reichelt JL (1991) Evaluation of the genus *Listonella* and reassignment of *Listonella damsela* (Love et al.) MacDonell and Colwell to the genus *Photobacterium* as *Photobacterium damsela* comb. nov. with an emended description. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, 41:529-534. <https://doi.org/10.1099/00207713-41-4-529>

Sun X, Jin P, Liu Q, Wang Q, Zhang Y, Liu X. (2020) A CpG-riched plasmid as vaccine adjuvant reduce antigen dose of an inactivated *Vibrio anguillarum* vaccine in turbot (*Scophthalmus maximus* L.). Fish Shellfish immunology 98:312-317. <http://doi.org/10.1016/j.fsi.2020.01.031>

Tanrikul TT, Gultepe N (2011) Mix infections in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum): *Lactococcus garvieae* and *Vibrio anguillarum* O1. Journal of Animal and Veterinary Advances, 10:1019-1023. <http://dx.doi.org/10.3923/javaa.2011.1019.1023>

Terceti MS, Vences A, Matanza XM, Barca AV, Noia M, Lisboa J, dos Santos NMS, do Vale A, Osorio CR (2019) The RstAB system impacts virulence, motility, cell morphology, penicillin tolerance and production of type II secretion system-dependent factors in the fish and human pathogen *Photobacterium damsela* subsp. *damsela*. Frontiers in Microbiology, 10:897. <https://dx.doi.org/10.3389/fmicb.2019.00897>

Thompson FL, Thompson CC, Dias GM, Naka H, Dubay C, Crosa JH (2011) The genus *Listonella* MacDonell and Colwell 1986 is a later heterotypic synonym of the genus *Vibrio* Pacini 1854 (Approved Lists 1980)—a taxonomic opinion. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, 61:3023. <https://doi.org/10.1099/ijms.0.030015-0>

Touraki M, Karamanlidou G, Koziotis M, Christidis I (2013) Antibacterial effect of *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* on *Artemia franciscana* nauplii and *Dicentrarchus labrax* larvae against the fish pathogen *Vibrio anguillarum*. Aquaculture International, 21:481-495. <http://dx.doi.org/10.1007/s10499-012-9579-4>

Valderrama K, Balado M, Rey-Varela D, Rodríguez J, Vila-Sanjurjo A, Jiménez C, Lemos, ML (2019) Outer membrane protein FrpA, the siderophore piscibactin receptor of *Photobacterium damsela* subsp. *piscicida*, as a subunit vaccine against photobacteriosis in sole (*Solea senegalensis*). Fish Shellfish Immunology, 94:723-729. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2019.09.066>

Vences A, Abushattal S, Matanza XM, Dubert J, Uzun E, Ogut H, Osorio CR (2020) Highly transferable pAQU-related plasmids encoding multidrug resistance are widespread in the human and fish pathogen *Photobacterium damsela* subsp. *damsela* in aquaculture areas

in the Black Sea. *Microbial Ecology*, 80:507-518. <https://doi.org/10.1007/s00248-020-01519-4>

Xie J, Mei H, Jin S, Bu L, Wang X, Wang C, Zhao Q, Ma R, Zhou S (2021) First report of *Photobacterium damsela* subsp. *damsela* infection in the mud crab *Scylla paramamosain* cultured in China. *Aquaculture*, 530:1-8. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735880>

Xing J, Jiang X, Xu H, Sheng X, Tang X, Chi H, Zhan W (2021) Local immune responses to VAA DNA vaccine against *Listonella anguillarum* in flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Molecular Immunology*, 134:141-149. <https://doi.org/10.1016/j.molimm.2021.03.012>

Yardımcı R, Turgay E, Steinum SK. (2020) Diagnosis of *Photobacterium sanguinancris* in Smout-hound Shark (*Mustelus mustelus*, Linnaeus 1758). *Acta Aquatica Turcica*, 16:338-343. <https://doi.org/10.22392/actaquat.682155>

Yildiz FH, Visick KL (2009) *Vibrio* biofilms: so much the same yet so different. *Trends in Microbiology*, 17:109-118. <https://doi.org/10.1016/j.tim.2008.12.004>

Zhang SD, Isbrandt T, Lindqvist LL, Larsen TO, Gram L (2021) Holomycin, an antibiotic secondary metabolite, is required for biofilm formation of the native producer *Photobacterium galathea* S2753. *Applied and Environmental Microbiology*, 87:e00169-21. <https://doi.org/10.1128/aem.00169-21>

Zhang Z, Yu YX, Wang K, Wang YG, Jiang Y, Liao MJ, Rong XJ (2019) First report of skin ulceration caused by *Photobacterium damsela* subsp. *damsela* in net-cage cultured black rockfish (*Sebastes schlegeli*). *Aquaculture*, 503: 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.12.088>