

# Characteristics and Diagnostic Methods of Streptococcosis Causing Disease in Aquaculture

Dong-Hwi Kim and Moon-Soo Heo\*

Marine Pathogenic microbes Lab, Department of Aquatic Biomedical Sciences, School of Marine Biomedical Sciences, Jeju National University, Jeju 690-756, Korea

Received August 9, 2018 / Revised September 20, 2018 / Accepted September 20, 2018

In this study, investigated the general characteristics and diagnostic methods types of streptococcosis among various fish disease pathogens that caused a lot of economic damaged to aquaculture fish based on the previous research paper. Streptococcosis infection of fish is considered a reemerging disease affecting a variety of wild and cultured fish throughout the world. Classification of Gram positive cocci based on DNA-DNA hybridization coupled with 16S sequencing has shown that at least five different species are considered of significance as fish pathogens: *Lactococcus garvieae*, *L. piscium*, *Streptococcus iniae*, *S. agalactiae*, *S. paruberis*, *Vagococcus salmoninarum*. Symptoms of infection with streptococcosis disease such as body color change, eyeball abnormality, gill discoloration, bleeding, abdominal distension, swelling of the kidney and spleen. In addition, it usually occurs from June to October when the water temperature rise a lot of fish death. Currently, 16S rRNA, 16S-23S rRNA intergenic spacer region (ISR), Random Amplified polymorphic DNA (RAPD), Ribotyping (RT), Loop-mediated isothermal amplification (LAMP) are among the methods for diagnosing streptococcosis. Among them, the LAMP method, which is high applicable to the aquaculture farm has attracted the spotlight, but due to problems such as confirmation of results. This seems to minimize the economic loss of streptococcosis which complements the problem so that it can be easily used from the diagnosis to the results confirmation.

**Key words** : Aquaculture, diagnostic, Loop-mediated isothermal amplification (LAMP), pathogens, Streptococcosis

## 서 론

우리나라는 1980년대부터 어류양식기술을 도입하여 육성하였다. 그 중 우리나라의 대표적인 양식어류인 넙치는 1984년부터 종묘 생산 기술이 확립되어 넙치 양식의 초창기인 1987년에 불과 28톤이 생산되었으나[20, 105], 2017년도 기준 41,207톤이 생산되어 우리나라 전체 어류양식 생산량의 절반을 차지하고 있다[63]. 이렇듯 넙치는 소비자의 중요한 단백질 공급원이자 우리나라의 중요한 양식 산업으로 자리매김 하는 동시에, 해외 수출을 통한 경제적 이익을 창출하고 있다.

그러나 넙치의 양식과정에서 발생하는 어류질병으로 인하여 막대한 경제적·산업적 피해를 일으킨다. 넙치의 양식과정에서 발병하는 질병 중 세균성 질병은 *Edwardsiella* spp., *Streptococcus* spp., *Vibrio* spp., *Aeromonas* spp. 등이 있다. 바이

러스 질병으로 Koi Herpesvirus (KHV), Infections Pancreatic Necrosis (IPN), Viral Hemorrhagic Septicemia (VHS) 등이 있다. 기생충성 질병은 스쿠티카증, 백점병, 트리코니다증, 아가미흡중증 등이 있다[55, 72, 80]. 본 논문에서 다루고자 하는 연쇄구균증은 어류질병세균 중에서 피해규모가 가장 크고, 기회감염성으로 다양한 양식 어류에서 나타나며, 병원체가 다양하다. 연쇄구균증의 원인체로 *Streptococcus iniae*, *S. paruberis*, *S. difficilis*, *S. Shiloi*, *Lactococcus garvieae*, *L. piscium*, *Vagococcus salmoninarum* 등이 보고 되었다[5, 8, 9, 28, 33, 34, 50, 77]. 이 중 대표적인 어류 연쇄구균증의 원인체인 *S. iniae*와 *L. garvieae*는 병원성이 달라 동일 어종에서 다른 병리학적 특성을 나타낸다고 보고되었다[31]. 또한 발병 사례[64, 85], 분자생물적 분석[31, 33, 35] 및 백신[61, 100] 등에 관한 다양한 연구가 이루어져 있다. 이러한 배경으로, 본 총설에서는 양식 넙치에 질병을 일으키는 연쇄구균증에 대한 특성과 현재 연구 중에 있는 다양한 진단법에 대한 연구 동향을 정리하고자 한다.

## 연쇄구균증의 개관

양식 어류에서의 연쇄구균증은 1957년 일본 Shizuoka현의 무지개송어 양식장에서 최초 발견되었으며[45], 그 후 송어[24], 뱀장어[66], 틸라피아와 은어[60], 차넬메기[13] 등의 담수

### \*Corresponding author

Tel : +82-64-754-3473, Fax : +82-64-756-3493

E-mail : msheo@jejunu.ac.kr

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

어와 방어[65, 74], 넙치[78], 참돔, 농어[109] 등의 해수 어류와 양서류[21], 갑각류[84]에서도 발생하였다[104]. 현재 전 세계적으로 연쇄구균증이 검출되고 있으며(Fig. 1), 해수어의 경우 생 사료의 원료가 되는 어류가 대부분이 연안에서 어획된 고등어, 정어리, 까나리, 전갱이 등이다. 이들 생 사료의 체내에서 연쇄구균이 검출되고 있으며, 바다 양식장의 경우 가두리 주변의 해수나 바닥의 개흙에서 연중 많은 연쇄구균증이 검출되고 있다[74].

양식 넙치(*Paralichthys olivaceus*)의 연쇄구균증 감염에 대한 최초 연구보고는 1983년 Nakastsugawa [78]가 연쇄구균증에 감염된 일본산 넙치에서 원인균을 *S. iniae*로 보고하였다. 우리나라에서는 2001년에 Lee [73]가 생화학적 성상과 16S rRNA 유전자의 특이서열을 이용하여 *L. garvieae*가 넙치 연쇄구균증의 원인체로 보고하였다. 또한 Jung [51]과 Kim [57]에 의해 생화학적 성상과 16S-23S ISR (Intergenic Spacer Region) 서열 등을 이용하여 *S. iniae*를 보고 하였다[50, 56, 104].

연쇄구균증에 감염된 넙치는 체색변화, 안구이상(백탁, 출혈, 돌출), 아가미 퇴색, 출혈이 나타나며, 시간의 경과에 따라 복부팽만, 신장과 비장의 종대와 더불어 폐사가 일어난다. 국내에서는 해수 어류 양식장에서 수온이 18℃ 이상으로 상승하는 6월부터 10월까지의 고수온기에 주로 집단적으로 발병하여 50%이상의 급성 폐사 또는 만성 폐사를 일으킨다[5, 46]. 최근 넙치 양식장에서 연쇄구균증의 원인체로 *S. parauberis*의 검출 빈도가 증가하고 있다[17, 19, 23, 53, 59]. 스페인에서는 고수온기에 사육중인 0.8~2 kg 크기의 넙치에 *S. parauberis*가 감염되어 0.1~5%의 폐사율을 나타낸다고 보고되었다[19, 26]. 국내에서는 *S. parauberis*의 감염은 고 수온뿐만 아니라 수온이 하강하기 시작하는 가을에도 발생 빈도가 높다고 보고되었다 [3, 16, 17, 18, 23, 104].

**Streptococcus iniae**

*S. iniae*는 샌프란시스코에서 포획한 아마존강돌고래(*Inia geoffrensis*)에서 최초로 분리되었으며[88], 1978년 뉴욕의 한 수족관에 있는 민물 돌고래의 피부 병변에서 2번째로 분리되었다[87]. 1987년 오하이오에서 돌고래 병변에서 3번째로 분리되었으나, 2003년 까지 공개하지 않았다[7]. *S. iniae*에 대한 어류의 감염 보고는 1981과 1983년에 일본과 1985년에 싱가포르에서 처음으로 기록되었으며, 그 후 몇 년 동안은 *S. iniae*로 인식되지 않았다[40, 48, 60, 78, 81, 96]. 또한 1986년에 이스라엘 대만에서 발생한 병원균을 처음에는 새로운 종으로 간주하여, *Streptococcus shiloi*라고 명명하였다[28]. 이후 분석에서 1986년의 병원균이 1976년에 샌프란시스코의 돌고래에서 분리된 첫 번째 *S. iniae* 균주와 동일하다는 것을 발견하여, 균주명을 *S. shiloi*에서 *S. iniae*로 정정하였다[28, 30]. 적어도 27종의 어류가 *S. iniae*에 감염되는 것으로 집계되었다(Table. 1). 또한 *S. iniae*는 베타 용혈성 연쇄구균증을 유발하는 전염성 어병세균으로 병원성이 강하며, 감염된 어류는 체색흑화, 안구백탁, 출혈, 복부팽만, 신장비대 등의 증상을 보이다 폐사를 일으킨다[76].

**Streptococcus parauberis**

*S. parauberis*는 *streptococcus uberis* type II의 형태로, 주로 젖소의 유방염 병원체로 알려져 있었지만[54, 103], 1993년 스페인에서 터뷰(*Scophthalmus maximus*) 양식장에서 처음으로 *S. parauberis*가 동정 되면서 어류에서도 발견이 되었다[26]. 국내에서는 2005년 제주도의 넙치 양식장에서 발병 보고가 있었다[3]. *S. parauberis*는 *S. uberis* genotype II의 synonym으로 알려져 있으며[103], 혈구응집활성, capsule 관련 물질에 의한 소수성 및 숙주세포에 대한 부착과 침입 등의 병원성을 나타

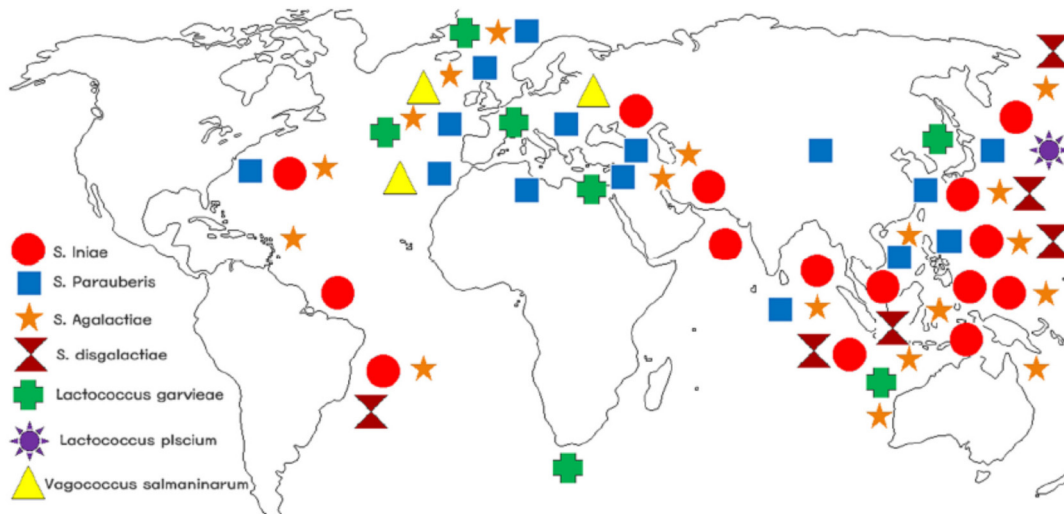


Fig. 1. Phylogeography of major fish pathogens belonging. Distribution pattern shows the presence of these bacterial isolates over the continents [75].

Table 1. Species reported to have been infected by *S. iniae* [1]

| Common name                        | Scientific name   | Location (s)                                | Refs.  |
|------------------------------------|---|---|--|
| Amago salmon                       | <i>Oncorhynchus rhodurus</i><br>Var. <i>macrostomus</i>   | Japan                                       | [48,82]                                      |
| Ayu                                | <i>Plecoglossus altivelis</i>                             | Japan                                       | [48,60,82]                                   |
| Barramundi                         | <i>Lates calcarifer</i>                                   | Australia                                   | [10,11]                                      |
| Barramundi cod                     | <i>Cromileptes altivelis</i>                              | Australia                                   | [10]   |
| Black margate                      | <i>Anisotremus</i> spp.                                   | The Grenadines                              | [38]   |
| Chubb                              | <i>Scaridae</i> spp.                                      | Barbados                                    | [38]   |
| Coho salmon                        | <i>Oncorhynchus kisutch</i>                               | Israel                                      | [29]   |
| European seabass                   | <i>Dicentrarchus labrax</i>                               | Israel                                      | [67,109]                                     |
| Gilthead sea bream                 | <i>Sparus aurata</i>                                      | Israel                                      | [109]  |
| Gold spot cod                      | <i>Epinephalis tauvina</i>                                | Australia                                   | [10]   |
| Grey mullet                        | <i>Mugus cephalus</i>                                     | Israel                                      | [29]   |
| Grunt                              | <i>Haemulidae</i> spp.                                    | Barbados                                    | [38]   |
| Hybrid Nile x blue tilapia         | <i>Tilapia nilotica</i> x <i>T. aurea</i>                 | USA (Texas)                                 | [18]   |
| Hybrid striped bass (Sunsine bass) | <i>Morone chrysops</i> x <i>M. saxatilis</i>              | USA   | [95,96]                                      |
| Japanese flounder                  | <i>Paralichthys olivaceus</i>                             | Japan                                       | [78,81]                                      |
| Lizard fish                        | <i>Synodus variegates</i>                                 | Israel                                      | [23,67]                                      |
| Lyretail grouper                   | <i>Variola louti</i>                                      | Israel                                      | [67]   |
| Parrot fish                        | <i>Sparisoma aurofrenatum</i><br><i>Sparisoma viridae</i> | Barbados<br>The Grenadines                  | [38]   |
| Puffer fish                        | <i>Arothron hispidus</i>                                  | Australia                                   | [10]   |
| Rabbit fish                        | <i>Siganus</i> spp.                                       | Singapore<br>Israel<br>Bahrain<br>Australia | [39,96]<br>[109]<br>[106]<br>[10]            |
| Rainbow trout                      | <i>Oncorhynchus mykiss</i>                                | Israel<br>Japan                             | [29,31,68]<br>[60]                           |
| Red drum                           | <i>Sciaenops ocellatus</i>                                | Israel<br>China                             | [109]<br>[93]                                |
| Silver bream                       | <i>Acanthopagrus australis</i>                            | Australia                                   | [10]   |
| Snapper                            | <i>Ocyurus chrysurus</i>                                  | Barbados                                    | [38]   |
| Striped piggy                      | <i>Pomadasys stridens</i>                                 | Israel                                      | [23,67]                                      |
| Tilapia                            | <i>Oreochromis</i> spp.                                   | USA<br>Taiwan<br>Israel<br>Japan            | [9,95]<br>[28]<br>[28,29,30,67]<br>[60]      |
| Yellowtail                         | <i>Inia geoffrensis</i>                                   | Japan                                       | [48,52,74]                                   |
| Amazon freshwater dolphin          | <i>Inia geoffrensis</i>                                   | USA   | [7,87,88]                                    |
| Flying fox                         | <i>Pteropus Alecto</i>                                    | Australia                                   | [106]  |
| Human                              | <i>Homo sapiens</i>                                       | Canada<br>USA<br>China<br>Singapore         | [101,102]<br>[37,101,102]<br>[70,71]<br>[62] |

내고 있다[2, 47]. *S. parauberis*는 *S. iniae*와 다르게 국내·외의 사례 보고는 매우 제한적인 상황이다[17]. *S. parauberis*에 감염된 어류의 증상으로는 체색흑화, 출혈 및 농양을 동반한 안구 돌출, 비장 및 간 비대, 복부와 복벽의 점상출혈이 나타난다 [26].

### *Lactococcus garvieae*

*L. garvieae*는 1988년 스페인의 무지개 송어 양식장에서 어류로는 처음으로 병원체로서 발견되었다[83]. 처음 *L. garvieae*로 확실히 동정되기 전까지는 *Enterococcus* sp.로 명명되었으며, *E. seriolicida*와 생화학적 특성이 상당히 비슷하였다[90]. 이듬해 *L. garvieae*는 어류의 패혈증 과정에서 분리되어 표현형

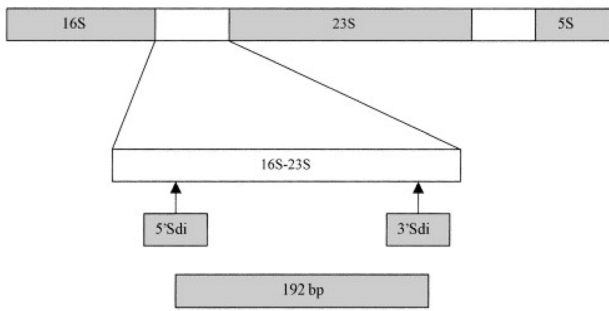


Fig. 2. The 16S-23S rDNA intergenic spacer was non-specifically PCR amplified from the rDNA operon [6].

및 분자 분류학적으로 *E. seriolicida*와 같은 종으로 확인 되었으나, 하위 종으로 재분류 되었다[27, 32, 89, 97]. 이후 *L. garvieae* 는 대만에서 큰저거미새우(*Macrobrachium resenbergi*) [15], 송어(*Mugil cephalus*) [14], 무지개송어[12]에서 발견되었다. 또한 2001년 터키의 무지개송어 양식장에서 분리되어 80%의 누적 폐사율을 보였다[25]. 최근 *L. garvieae*는 영국[4], 포르투갈[86], 프랑스, 발칸반도, 이스라엘[36]과 국내의 여러 해양생물에서 분리되곤 한다[3]. 감염된 어류의 증상으로는 식욕 부진, 체색 흑화, 방향상실, 안구 돌출, 안구 출혈, 지느러미 출혈, 항문 출혈, 점상 출혈 등이 있다[13, 31, 90, 99].

### 연쇄구균종의 진단 기법

어류의 연쇄구균증을 진단하기 위한 분자학적 기술은 *L. garvieae*와 *S. iniae*에 대한 2종에 적용되며, 이러한 기술은 각각의 PCR법에 특화된 프로토콜이 공개 되었다[92]. 그 중 16S rDNA의 증폭에 의한 PCR법은 그람 양성구균의 진단을 위한 표준적인 방법으로 널리 사용되고 있다[108, 109]. *S. parvaeris*

의 진단에 대한 경우 Lämmler [69]가 포유동물을 이용하여 제한한 제한효소와 PCR 증폭을 결합한 기술을 적용할 수 있다[98]. 이외에도 16S-23S rRNA intergenic spacer region (ISR), Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD), Ribotyping (RT) 등의 분자학적 방법이 존재한다[22, 75, 91].

16S rRNA 유전자는 모든 박테리아에 존재하며, 보존부위 및 변이부위를 가지고 있어 미생물 계통분류에 이상적인 유전자로 많은 연구에 사용되고 있다. 특히 16S rRNA 유전자의 5'의 500 bp를 이용한 RIDOM (Ribosomal differentiation of medical microorganisms system: ridom-rdna.de) database는 사용자의 접근이 용이하고, 고찰을 거친 비교적 정확한 자료로써 염기서열 비교에 많이 이용되고 있다[43, 94].

RT는 역학적 연구 또는 그람양성구균의 분류에 대하여 제한적 가치가 있고, RAPD는 연쇄구균증을 식별하기 위해 좋은 방법으로 사용되고 있다. 또한 캐나다 연구진이 개발한 chaperonin 60 (Cpn 60) 유전자를 기반으로 한 동정법은 연쇄구균증 외에도 다양한 어류 질병 병원체에도 효과적인 방법이라고 보고되었다[41, 42].

또한 보다 정확한 세균 종 동정을 위해 염기치환율이 빠른 16S-23S ISR을 이용하는 방법이 도입되기도 하였다. ISR은 종간 및 종내 비교를 위한 적절한 영역으로 인정을 받고 있으며, 16S-23S ISR 서열과 길이 다양성이 이용되고 있다[49, 51, 79]. 16S-23S ISR의 염기서열은 16S rRNA gene 영역의 말단 서열과 23S rDNA 영역의 선두서열을 각 영역에서 중간 변이 없이 보존된 공통 서열을 기초로 하여 디자인하여 사용한다(Fig. 2).

최근 양식장에서 쉽게 적용할 수 있도록 감수성 및 특이성을 지닌 분자 진단학적 방법인 Loop-mediated isothermal amplification (LAMP)을 이용한 진단법도 개발되었다. LAMP는 2사슬 DNA, 4개의 primer, DNA polymerase 기질 등을 동일

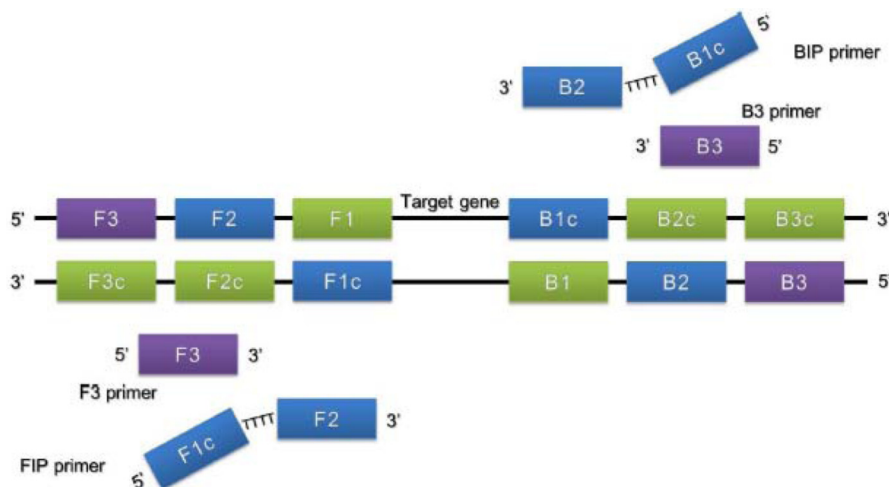


Fig. 3. Schematic representation of primers used for loop-mediated isothermal amplification. Two inner primers [forward inner primer (FIP) and backward inner primer (BIP)] and two outer primers (F3 and B3) were designed to amplify six regions of target gene [58].

용기에 넣어 일정온도(65°C)에서 증폭부터 검출까지 원스텝으로 실시 할 수 있는 장점을 가지고 있다(Fig. 3) [44]. 또한 Bst DNA polymerase는 기존의 중합효소 연쇄반응에 사용되는 Taq DNA polymerase와 달리 5'-3' exonuclease의 성격을 갖고 있어 DNA의 이중나선 구조를 열에 의한 변성을 거치지 않고 Tm 값에 가까운 접합 온도에서 접합 및 신장을 수행할 수 있는 특징을 가지고 있다[44].

고 찰

어류질병세균으로 인하여 전 세계적으로 양식 산업은 많은 경제적 피해를 입고 있다. 여러 어류질병세균 중에서도 연쇄구균증은 오래 전부터 양식 어류에 막대한 피해를 입히는 어류질병세균 중 하나이다. 이에 본 논문은 연쇄구균증의 개관과 현재까지 사용하고 있거나 적용 가능성이 높은 진단 방법에 대하여 여러 논문들을 바탕으로 작성하였다. 연쇄구균증은 육안으로 구별이 가능한 증상인 체색변화, 안구이상, 아가미 퇴색, 출혈, 복부팽만의 증상을 보이는 어류에 대해서 격리 시켜야 2차적인 피해를 예방 할 수 있다. 유전학적 동정을 통하여 연쇄구균증으로 확진 판단을 받아야 하는데, 현재 양식장에서는 질병관련 연구소에 의뢰하기 번거롭고, 시간적 문제로 인하여 기피하는 실정에 있다. 이에 온도 변화를 위한 특별한 기기가 필요가 없고, 기존의 다른 PCR 방법보다 단순하게 진단 가능하며 높은 민감도를 보이는 LAMP법에 대한 연구가 많이 진행 중에 있다. 아직까진 현장에서 사용하기에는 결과 확인 등의 문제로 인해 널리 사용되고 있지 않다. 따라서 현장에서 연쇄구균증의 진단 방법을 손쉽게 사용할 수 있도록 문제점을 보완한다면 양식 산업의 경제적 손실을 최소화 할 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 논문은 정부의 재원으로 한국 연구재단의 지원을 받아 수행된 지역 신 산업 선도인력양성사업과 중견연구사업의 성과임(2016H1D5A1911152 & 2017R1A2B4005688).

References

1. Agnew, W. and Barnes, A. C. 2007. *Streptococcus iniae*: An aquatic pathogen of global veterinary significance and a challenging candidate for reliable vaccination. *Vet. Microbiol.* **122**, 1-15.
2. Austin, B. and Austin, D. A. 2006. Bacterial fish pathogens. Diseases of farmed and wild fish (4<sup>th</sup> ed.). *Springer*.
3. Baeck, G. W., Kim, J. H., Gomez, D. K. and Park, S. C. 2006. Isolation and characterization of Streptococcus sp. from diseased flounder (*Paralichthys olivaceus*) in Jeju Island. *J. Vet. Sci.* **7**, 53-58.

4. Bark, S. and McGregor, D. 2001. The first occurrence of lactococcosis in farmed trout in England. *Trout News* **31**, 9-11.
5. Bercovier, H., Ghittino, C. and Eldar, A. 1997. Immunization with bacterial antigens: infections with streptococci and related organism. *Dev. Biol. Stand.* **90**, 153-160.
6. Berridge, B. R., Bercovier, H. and Frelier, P. F. 2001. *Streptococcus agalactiae* and *Streptococcus difficile* 16S-23S intergenic rDNA: genetic homogeneity and species-specific PCR. *Vet. Microbiol.* **78**, 165-173.
7. Bonar, C. J. and Wagner, R. A. 2003. A third report of "golf ball disease" in an Amazon River dolphin (*Inia geoffrensis*) associated with *Streptococcus iniae*. *J. Zoo Wildlife Med.* **34**, 296-301.
8. Boomker, J., Imes, J. G., Cameron, C. M., Naude, T. W. and Schoonbee, H. J. 1979. Trout mortalities as a result of *Streptococcus* infection. *Onderstepoort. J. Vet. Res.* **46**, 71-78.
9. Bowser, P. R., Wooster, G. A., Getchell, R. G. and Timmons, M. B. 1998. *Streptococcus iniae* infection of tilapia *Oreochromis niloticus* in a recirculation production facility. *J. World Aquacult. Soc.* **29**, 335-339.
10. Bromage, E. S. and Owens, L. 2002. Infection of barramundi *Lates calcarifer* with *Streptococcus iniae*: effects of different routes of exposure. *Dis. Aquat. Org.* **52**, 199-205.
11. Bromage, E. S., Thomas, A. and Owens, L. 1999. *Streptococcus iniae*, a bacterial infection in barramundi *Lates calcarifer*. *Dis. Aquat. Org.* **36**, 177-181.
12. Chang, P. H., Lin, C. W. and Lee, Y. C. 2002. *Lactococcus garvieae* infection of cultured rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, in Taiwan and associated biophysical characteristics and histopathology. *Bull. Eur. Ass. Fish. Pathol.* **22**, 319-327.
13. Chang, P. H. and Plump, J. A. 1996. Histopathology of experimental *Streptococcus* sp. infection in tilapia, *Oreochromis niloticus*(L.), and channel catfish, *Ictalurus punctatus* (Rafinesque). *J. Fish Dis.* **19**, 235-241.
14. Chen, S. C., Liaw, L. L., Su, H. Y., Ko, S. C., Wu, C. Y., Chung, H. C., Tsai, Y. H., Yang, K. L., Chen, Y. C., Chen, T. H., Lin, G. R., Cheng, S. Y., Lin, Y. D., Lee, J. L., Lai, C. C., Weng, Y. H. and Chu, S. Y. 2002. *Lactococcus garvieae*, a cause of disease in grey mullet, *Mugil cephalus* L., in Taiwan. *J. Fish. Dis.* **25**, 727-732.
15. Chen, S. C., Lin, Y. D., Liaw, L. L. and Wang, P. C. 2001. *Lactococcus garvieae* infection in the giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* confirmed by polymerase chain reaction and 16S rDNA sequencing. *Dis. Aquat. Org.* **45**, 45-52.
16. Cho, M. Y., Kim, M. S., Kwon, M. G., Jee, B. Y., Choi, H. S., Choi, D. L., Park, G. H., Lee, C. H., Kim, J. D., Lee, J. S., Oh, Y. K., Lee, D. C., Park, S. H. and Park, M. A. 2007. Epidemiological study of bacterial disease of cultured olive flounder, *Paralichthys olivaceus* from 2005 to 2006 in Korea. *J. Fish. Pathol.* **20**, 61-70.
17. Cho, M. Y., Lee, J. I., Kim, M. S., Choi, H. J., Lee, D. C. and Kim, J. W. 2008. Isolation of *Streptococcus parauberis* from starry flounder, *Platichthys stellatus* Pallas. *J. Fish. Pathol.* **21**, 209-217.
18. Cho, M. Y., Oh, Y. K., Lee, D. C., Kim, J. H. and Park, M.

- A. 2007. Geographical comparison on different methods for identification of *Streptococcus parauberis* isolated from cultured olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. *J. Fish. Pathol.* **20**, 49-60.
19. Choi, H. J., Cho, M. Y., Lee, J. I., Kwon, M. G., Choi, D. L., Kim, J. W., Han, M. C. and Lee, D. C. 2009. The pathogenicity of *Streptococcus parauberis* isolated from cultured olive flounder *Paralichthys olivaceus*. *J. Fish. Pathol.* **22**, 263-273.
  20. Choi, J. Y. 2012. Study on the changing of fishing ground use and regulation of aquaculture fishery. 1-331.
  21. Chung, H. Y. and Kou, G. H. 1985. Characteristics of non-hemolytic Streptococci isolated captive Bullfrog (*Rana catesbeiana*). *COA. Fish. Ser.* **4**, 9-21.
  22. Clarridge, J. E., Attorri, S. M., Zhang, Q. and Bartell, J. 2001. 16S ribosomal DNA sequence analysis distinguishes biotypes of *Streptococcus bovis*: *Streptococcus bovis* Biotype II/2 is a separate genospecies and the predominant clinical isolate in adult males. *J. Clin. Microbiol.* **39**, 1549-1552.
  23. Colorni, A., Diamant, A., Eldar, A., Kvitt, H. and Zlotkin, A. 2002. *Streptococcus iniae* infections in Red Sea cage-cultured and wild fishes. *Dis. Aquat. Org.* **49**, 165-170.
  24. Currás, M., Magarinos, B., Toranzo A. E. and Romalde, J. L. 2002. Dormancy as a survival strategy of the fish pathogen *Streptococcus parauberis* in the marine environment. *Dis. Aquat. Org.* **52**, 129-136.
  25. Diler, O., Altun, S., Adiloglu, A. K., Kubilay, A. and Isikli, B. 2002. First occurrence of Streptococcosis affecting farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in Turkey. *Bull. Eur. Ass. Fish. Pathol.* **22**, 21-25.
  26. Doménech, A., Derenaández-Garayzábal, J. F., Pascual, C., Garcia, J. A., Cutuli, M. T., Moreno, M. A., Collins, M. D. and Dominguez, L. 1996. Streptococcosis in cultured turbot, *Scophthalmus maximus* (L.), associated with *Streptococcus parauberis*. *J. Fish. Dis.* **19**, 33-38.
  27. Doménech, A., Prieta, J., Fernandez-Garaizabal, J. F., Collins, M. D., Jones, D. and Domínguez, L. 1993. Phenotypic and phylogenetic evidence for a close relationship between *L. garvieae* and *Enterococcus seriolicida*. *Microbiologia* **9**, 63-63.
  28. Eldar, A., Bejerano, Y. and Bercovier, H. 1994. *Streptococcus shiloi* and *Streptococcus difficilis*: two new streptococcal species causing a meningoencephalitis in fish. *Curr. Microbiol.* **28**, 139-143.
  29. Eldar, A., Beferano, Y., Livoff, A., Horovitz, A. and Bercovier, H. 1995a. Experimental streptococcal meningo-encephalitis in cultured fish. *Ver. Microbiol.* **43**, 33-40.
  30. Eldar, A., Frelier, P. F., Assenta, L., Varner, P. W., Lawhon, S. and Bercovier, H. 1995b. *Streptococcus shiloi*, the name for an agent causing septicemic infection in fish, is a junior synonym of *Streptococcus iniae*. *Int. J. Syst. Bacteriol.* **45**, 840-842.
  31. Eldar, A. and Ghittino, C. 1999. *Lactococcus garvieae* and *Streptococcus iniae* infections in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*: similar but different disease. *Dis. Aquat. Org.* **36**, 227-231.
  32. Eldar, A., Ghittino, C., Asanta, L., Bozzetta, E. and Gorla, M. 1996. *Enterococcus seriolicida* is a junior synonym of *L. garvieae*, a causative agent of septicemia and meningoencephalitis in fish. *Curr. Microbiol.* **32**, 85-88.
  33. Eldar, A., Gorla, M., Ghittino, C., Zlotkin, A. and Bercovier, H. 1999. Biodiversity of *Lactococcus garvieae* strains isolated from fish in Europe, Asia, and Australia. *Appl. Environ. Microbiol.* **65**, 1005-1008.
  34. Eldar, A., Horovitz, A. and Bercovier, H. 1997. Development and efficacy of a vaccine against *Streptococcus iniae* infection in farmed rainbow trout. *Vet. Immunol. Immunopathol.* **56**, 175-183.
  35. Eldar, A., Lawhon, S., Frelier, P. F., Assenta, L., Simpson, B. R., Varner, P. W. and Bercovier, H. 1997. Restriction fragment length polymorphism of 16S rDNA and of whole rRNA genes (ribotyping) of *Streptococcus iniae* strains from the United States and Israel. *FEMS Microbiol. Lett.* **151**, 155-162.
  36. Eynogor, M., Zlotkin, A., Ghittino, C., Prearo, M., Douet, D. G., Chilmoneczyk, S. and Eldar, A. 2004. Clonality and diversity of the fish pathogen *Lactococcus garvieae* in Mediterranean countries. *Appl. Environ. Microbiol.* **70**, 5132-5137.
  37. Facklam, R., Elliott, J., Shewmaker, L. and Reingold, A. 2005. Identification and characterization of sporadic isolates of *Streptococcus iniae* isolated from human. *J. Clin. Microbiol.* **43**, 933-937.
  38. Ferguson, H. W., St John, V. S., Roach, C. J., Willoughby, S., Parker, C. and Ryan, R. 2000. Caribbean reef fish mortality associated with *Streptococcus iniae*. *Vet. Rec.* **147**, 662-664.
  39. Foo, J., Ho, B. and Lam, T. 1985. Mass mortality in *Siganus canaliculatus* due to streptococcal infection. *Aquaculture* **49**, 185-195.
  40. Foo, J., St John, V. Roach, C., Willoughby, S., Parker, C. and Ryan, R. 2000. Caribbean reef fish mortality associated with *Streptococcus iniae*. *Vet. Rec.* **147**, 662-664.
  41. Goh, S. H., Potter, S., Wood, J. O., Hemmingsen, S. M., Reynolds, R. P. and Chow, A. W. 1996. HSP60 gene sequences as universal targets for microbial species identification: studies with coagulase-negative staphylococci. *J. Clin. Microbiol.* **34**, 818-823.
  42. Goh, S. H., Santucci, Z., Kloos, W. E., Faltyn, M., George, C. G., Driedger, D. and Hemmingsen, S. M. 1997. Identification of Staphylococcus species as subspecies by the chaperonin 60 gene identification method and reverse checkerboard hybridization. *J. Clin. Microbiol.* **35**, 3116-3121.
  43. Harmse, D., Rothganger, J., Frosch, M. and Albert, J. 2002. RIDOM: Ribosomal differentiation of medical micro-organisms database. *Nucleic. Acids. Res.* **30**, 416-417.
  44. Hong, S. H. and Heo, M. S. 2015. Development of Loop-mediated isothermal amplification (LAMP) for detection of *Vibrio alginolyticus*. *J. Life Sci.* **25**, 903-909.
  45. Hoshina, T., Sano, T. and Morimoto, Y. 1958. A *Streptococcus* pathogenic to fish. *J. Tokyo Univ. Fish.* **16**, 201-206.
  46. Hwang, J. H., Kim, S. J., Han, K. H., Cho, J. Y., Ma, S. J., Kim, D. W., Moon, J. H., Park, K. H. and Kim, S. J. 2011. Analysis of catechins from green tea extract fractions and antimicrobial activities on *Streptococcus iniae*. *J. Kor. Tea. Soc.* **17**, 83-88.
  47. Hwang, S. D., Woo, S. H., Kim, S. H., Ha, S. J., Jung, Y.

- E. and Park, I. S. 2008. Immunomodulatory characteristics of *Streptococcus parauberis* isolated from infected olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. *J. Fish. Pathol.* **21**, 157-166.
48. Inglis, V., Roberts, R. J. and Bromage, N. R. 1993. Bacterial diseases of fish. The University Press, Cambridge.
49. Jensen, M. A., Webster, J. A. and Straus, N. 1993. Rapid identification of bacteria on the basis of polymerase chain reaction-amplified ribosomal DNA spacer polymorphisms. *Appl. Environ. Microbiol.* **59**, 945-952.
50. Jeong, Y. U., Kang, C. Y., Kim, M. J., Heo, M. S., Oh, D. C. and Kang, B. J. 2006. Characterization of streptococcosis occurrence and molecular identification of the pathogens of cultured flounder in Jeju Island. *J. Microbiol.* **2006**, 199-204.
51. Jung, Y. U., Kang, B. J., Park, G. T. and Heo, M. S. 2004. Use of 16S-23S rRNA intergenic spacer region for identification in the fish pathogenic *Streptococcus iniae*. *J. Fish. Pathol.* **17**, 91-98.
52. Kaige, N., Miyazaki, T. and Kubota, S. S. 1984. The pathogen and histopathology of vertebral deformity in cultured yellowtail. *Fish. Pathol.* **19**, 173-179.
53. Kang, C. Y., Kang, B. J., Moon, Y. G., Kim, K. Y. and Heo, M. S. 2007. Characterization of *Streptococcus parauberis* isolated from cultured olive flounder, *Paralichthys olivaceus* in the Jeju Island. *J. Fish. Pathol.* **20**, 109-117.
54. Khan, I. U., Hassan, A. A., Abdulmawjood, A., Lämmle, C., Wolterand, W. and Zschöck, M. 2003. Identification and epidemiological characterization of *Streptococcus uberis* isolated from bovine mastitis using conventional and molecular methods. *J. Vet. Sci.* **4**, 213-223.
55. Kim, D. H., Park, S. H., Kim, J. H., Lee, H. R. and Heo, M. S. 2017. Screening of antimicrobial activity of marine-derived biomaterials against fish pathogens. *Microbiol. Biotechnol. Lett.* **45**, 1-7.
56. Kim, H. J., Woo, S. H., Kim, J. W. and Park, S. I. 2005. Morphological characteristics and pathogenicity of *Streptococcus iniae*. *J. Fish. Pathol.* **18**, 167-178.
57. Kim, J. H. and Kim, E. H. 2003. Diversity of the streptococcal strains isolated from disease olive flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Kor. J. Fish. Aquat. Sci.* **36**, 654-660.
58. Kim, J. S. 2012. Development of loop-mediated isothermal amplification technique and trivalent vaccine for olive flounder against Streptococcosis and edwardsiellosis. Ph. D. dissertation, Jeju National University, Jeju, South Korea.
59. Kim, J. W., Cho, M. Y., Won, K. M., Kim, B. G., Choi, H. J., Han, M. C. and Park, M. A. 2009. Pathological changes of the heart of olive flounder *Paralichthys olivaceus* in experimental *Streptococcus parauberis* infection. *J. Fish. Pathol.* **22**, 253-262.
60. Kitao, T., Aoki, T. and Sakoh, R. 1981. Epizootic caused by  $\beta$ -hemolytic *Streptococcus* species in cultured in freshwater fish. *Fish Pathol.* **15**, 301-307.
61. Klesius, P. H., Shoemaker, C. A. and Evans, J. J. 2000. Efficacy of single and combined *Streptococcus iniae* isolate vaccine administered by intraperitoneal and intramuscular routes in tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* **188**, 237-246.
62. Koh, T. H., Kurup, A. and Chen, J. 2004. *Streptococcus iniae* discitis in Singapore. *Emerg. Infect. Dis.* **10**, 1694-1696.
63. Korea Statistical Information Service. 2017. Aquaculture Status Survey.
64. Kusuda, R., Kawai, K., Salati, F., Bannerm C. R. and Fryer, J. L. 1991. *Enterococcus seriolicida* sp. Nov., a fish pathogen. *Int. J. System. Bacteriol.* **41**, 406-409.
65. Kusuda, R., Kawai, K., Toyoshima, T. and Komatsu, I. 1976. A new pathogenic bacterium belonging to the genus *Streptococcus* isolated from an epizootic of cultured yellowtail. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* **42**, 1345-1352.
66. Kusuda, R. and Komatsu, I. 1978. A comparative study of fish pathogenic *Streptococcus* isolated from saltwater and freshwater fisheries. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* **44**, 1073-1078.
67. Kvitt, H. and Colorni, A. 2004. Strain variation and geographic endemism in *Streptococcus iniae*. *Dis. Aquat. Org.* **61**, 67-73.
68. Lahav, D., Eynogor, M., Hurvitz, A., Ghittino, C., Lublin, A. and Eldar, A. 2004. *Streptococcus iniae* type II infections in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Dis. Aquat. Organ.* **62**, 177-180.
69. Lämmle, C., Abdulmawjood, A., Danic, G., Vaillant, S. and Weiss, R. 1998. Differentiation of *Streptococcus uberis* and *Streptococcus parauberis* by restriction fragment length polymorphism analysis of the 16S ribosomal RNA gene and further studies on serological properties. *Med. Sci. Res.* **26**, 177-179.
70. Lau, S. K. P., Woo, P. C. Y., Luk, W. K., Fung, A. M. Y., Hui, W. T., Fong, A. H. C., Chow, C. W., Wong, S. S. Y. and Yuen, K. Y. 2006. Clinical isolated of *Streptococcus iniae* from Asia are more mucoid and B-hemolytic than those from North America. *Diagn. Microbiol. Infect. Dis.* **54**, 177-181.
71. Lau, S. K. P., Woo, P. C. Y., Tse, H., Leung, K. W., Wong, S. S. Y. and Yuen, K. Y. 2003. Invasive *Streptococcus iniae* infections outside North America. *J. Clin. Microbiol.* **41**, 1004-1009.
72. Lee, C. H., Kim, P. Y., Ko, C. S., Oh, D. C. and Kang, B. J. 2007. Biological characteristics of *Streptococcus iniae* and *Streptococcus parauberis* isolated from cultured flounder, *Paralichthys olivaceus*, in Jeju. *J. Fish. Pathol.* **20**, 33-40.
73. Lee, D. C., Lee, J. I., Park, C. I. and Park, S. I. 2001. The study on the causal agent of streptococcosis (*Lactococcus garvieae*), isolated from cultured marine fishes. *J. Fish Pathol.* **14**, 71-80.
74. Minami, T. 1979. *Streptococcus* sp. pathogenic to cultured yellowtail, isolated from fisheries for diets. *Fish Pathol.* **14**, 15-19.
75. Mishra, A., Nam, G. H., Gim, J. A., Lee, H. E., Jo, A. R. and Kim, H. S. 2018. Current challenges of *Streptococcus* infection and effective molecular, cellular and environmental control methods in aquaculture. *Mol. Cells* **41**, 495-505.
76. Moon, J. S., Kim, J. Y., Joh, S. J., Kim, M. J., Son, S. W. and Jang, H. 2009. Influence on efficacy of  $\beta$ -hemolytic *Streptococcus iniae* vaccine by mixed infections with *Edwardsiella tarda* and *Neoheterobothrium hirame* in cultured

- olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. *J. Vet. Clin.* **26**, 226-230.
77. Múzquiz, J. L., Royo, F. M., Ortega, C., Blas, I. D., Ruiz, I. and Alonso, J. L. 1999. Pathogenicity of streptococcosis in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): dependence on age of diseased fish. *Bull. Eur. Assoc. Fish Pathol.* **19**, 114-119.
  78. Nakatsugawa, T. 1983. A streptococcal disease of cultured flounder. *Fish Pathol.* **17**, 281-285.
  79. Napla, M. L., Fox, K. F. and Fox, A. 1998. Utility of 16S-23S rRNA spacer region methodology: how similar are intergenic spacer regions within a genome and between strains for closely related organisms? *J. Microbiol. Methods* **33**, 211-219.
  80. Nguyen, H. T. and Kanai, K. 1999. Selective agars for the isolation of *Streptococcus iniae* from Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*, and its cultural environment. *J. Appl. Microbiol.* **86**, 769-776.
  81. Nguyen, H. T., Kanai, K. and Yoshikoshi, K. 2002. Ecological investigation of *Streptococcus iniae* in cultured Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*) using selective isolation procedures. *Aquaculture* **205**, 7-17.
  82. Ohnishi, K. and Jo, K. 1981. Studies on streptococcal infection in pond-cultured fishes: I characteristics of beta-hemolytic *Streptococcus* isolated from cultured Ayu and Amago in 1977-1978. *Fish. Pathol.* **16**, 63-67.
  83. Palacios, M. A., Zamora, M. J., Vázquez, J., Zamora, E. and Duran, A. 1993. Streptococcosis in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in Spain. *Boll. Soc. It. Patol. Ittica.* **13**, 11-16.
  84. Pappalardo, R. and Boemare, N. 1982. An intracellular *Streptococcus*, causative agent of a slowly developing disease in Mediterranean crab, *Carcinus mediterraneus*. *Aquaculture* **28**, 283-292.
  85. Perera, R. P., Johnson, S. K., Collins, M. D. and Lewis, D. H. 1994. *Streptococcus iniae* associated with mortality of *Tilapia nilotica* X *T. aurea* hybrids. *J. Aquat. Anim. Health* **6**, 335-340.
  86. Pereira, F., Ravelo, C., Toranzo, A. E. and Romalde, J. L. 2004. *Lactococcus garvieae*, an emerging pathogen for the Portuguese trout culture. *Bull. Eur. Ass. Fish. Pathol.* **24**, 274-279.
  87. Pier, G. B., Madin, S. H. and Al-Nakeeb, S. 1978. Isolation and characterization of a second isolate of *Streptococcus iniae*. *Int. J. Syst. Bacteriol.* **28**, 311-314.
  88. Pier, G. and Madin, S. H. 1976. *Streptococcus iniae* sp. nov., a  $\beta$ -hemolytic *Streptococcus* isolated from an Amazon freshwater dolphin, *Inia geoffrensis*. *Int. J. Syst. Bacteriol.* **26**, 543-533.
  89. Pot, B., Devriese, L. A., Ursi, D., Vandamme, P., Haesebrouck, F. and Kersters, K. 1996. Phenotypic identification and differentiation of *Lactococcus* strains isolated from animals. *Syst. Appl. Microbiol.* **19**, 213-222.
  90. Prieta, J., Doménech, A. M., Fernández-Garaizabal, J. F., Collins, M. D. and Rodrigues, U. M. 1993. *Lactococcus* de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). *Med. Vet.* **10**, 367-373.
  91. Romalde, J. L., Magarinos, B., Villar, C., Barja, J. L. and Roranzo, A. E. 1999. Genetic analysis of turbot pathogenic *Streptococcus parauberis* strains by ribotyping and random amplified polymorphic DNA. *FEMS. Microbiol. Lett.* **179**, 297-304.
  92. Romalde, J. L. and Toranzo, A. E. 2002. Molecular approaches for the study and diagnosis of salmonid streptococcosis. *Molecular Diagnosis of Salmonid Diseases* **8**, 211-223.
  93. Shen, Z. H., Qian, D., Xu, W. J., Gu, J. H. and Shao, J. Z. 2005. Isolation, identification and pathogenicity of *Streptococcus iniae* isolated from red drum *Sciaenops ocellatus*. *Acta Hydrobiologica Sinica* **29**, 678-683.
  94. Shin, S., Kim, E. C. and Yoon, J. H. 2006. Identification of nontuberculous Micobacteria by sequence analysis of the 16S Ribosomal RNA, the Heat-shock Protein 65 and the RNA Polymerase  $\beta$ -Subunit genes. *Kor. J. Lab. Med.* **26**, 153-160.
  95. Shoemaker, C. A., Klesius, P. H. and Evans, J. J. 2001. Prevalence of *Streptococcus iniae* in tilapia, hybrid striped bass, and channel catfish on commercial fish farms in the United States. *Am. J. Vet. Res.* **62**, 174-177.
  96. Stoffregen, D., Backman, S., Perham, R., Bowser, P. and Babish, J. 1996. Initial disease report of *Streptococcus iniae* infection in hybrid striped (sunshine) bass and successful therapeutic intervention with the fluoroquinolone antibacterial enrofloxacin. *J. World Aquacult. Soc.* **27**, 420-434.
  97. Teixeira, L. M., Merquior, V. L., Vianni, M. C., Carvalho, M. G., Fracalanza, S. E., Steigerwalt, A. G., Brenner, D. J. and Facklam, R. R. 1996. Phenotypic and genotypic characterization of atypical *Lactococcus garvieae* strains isolated from water buffalos with subclinical mastitis and confirmation of *L. garvieae* as a senior subjective synonym of *Enterococcus seriolicida*. *Int. J. Syst. Bacteriol.* **46**, 664-668.
  98. Toranzo, A. E., Magariños, B. and Romalde, J. L. 2005. A review of the main bacterial fish diseases in mariculture systems. *Aquaculture* **246**, 37-61.
  99. Vendrell, D., Balcázar, J. L., Ruiz-Zarzuola, I., de Blas, I., Gironés, O. and Muzquiz, J. L. 2004. Evaluation in rainbow trout (*Ocorhynchus mykiss*) of Ichtiovac-Lg, a vaccine against *Lactococcus garvieae*. In: *Proceedings of the sixth international symposium on fish immunology, Nordic Society for Fish Immunology, Turku, Finland.*
  100. Vendrell, D., Balcázar, J. L., Ruiz-Zarzuola, I., Blas, I., Gironés, O. and Muzquiz, J. L. 2007. Safety and efficacy of an inactivated vaccine against *Lactococcus garvieae* in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Rev. Vet. Med.* **80**, 22-229.
  101. Weinstein, M., Low, D. E., McGeer, A., Willey, B., Rose, D., Coulter, M., Wyper, P., Borczyk, A. and Lovgren, M. 1996. Invasive infection due to *Streptococcus iniae* - Ontario. In: *In Morbidity and Mortality Weekly Report (Centers for disease control and prevention) 1995-1996.* 650-653.
  102. Weinstein, M. R., Litt, M., Kertesz, D. A., Wyper, P., Rose, D., Coulter, M., McGeer, A., Facklam, R., Ostach, C., Willey, B. M., Borczyk, A. and Low, D. E. 1997. Invasive infections due to a fish pathogen *Streptococcus iniae*. *N. Engl. J. Med.* **337**, 589-594.



103. Williams, A. M. and Collins, M. D. 1990. Molecular taxonomic studies on *Streptococcus uberis* types I and II. Description of *Streptococcus parauberis* sp. nov. *J. Appl. Bacteriol.* **68**, 485-490.
104. Woo, S. H., Kim, H. J., Lee, J. S., Kim, J. W. and Park, S. I. 2006. Pathogenicity and classification of streptococci isolated from cultured marine fishes. *J. Fish. Pathol.* **19**, 17-33.
105. Yang, Y. S., Lim, H. K., Lee, K. H., Lee, D. G. and Shin, H. H. 2015. Estimation of Green-House-Gas emissions from domestic aquaculture farm for flounders. *J. Kor. Soc. Fish. Technol.* **51**, 614-623.
106. Yuasa, K., Kitanchaoren, N., Kataoka, Y. and Al-Murbaty, F. A. 1999. *Streptococcus iniae*, the causative agent of mass mortality in rabbitfish *Siganus canaliculatus* in Bahrain. *J. Aquat. Anim. Health* **11**, 87-93.
107. Yuniarti, A. 2005. Serological characterization of *Streptococcus iniae* isolates from different parts of Australia. Masters. University of Queensland, St. Lucia, Queensland.
108. Zlotkin, A., Eldar, A., Ghittino, G. and Bercovier, H. 1998b. Identification of *Lactococcus garvieae* by PCR. *J. Clin. Microbiol.* **36**, 983-985.
109. Zlotkin, A., Hershko, H. and Eldar, A. 1998a. Possible transmission of *Streptococcus iniae* from wild fish to cultured marine fish. *Appl. Environ. Microbiol.* **64**, 4065-4067.

---

### 초록 : 양식 어류에 질병을 유발하는 연쇄구균종의 특성 및 진단 방법

김동휘 · 허문수\*

(제주대학교 해양의생명과학)

본 논문은 양식 어류에게 많은 경제적 피해를 입히고 있는 다양한 어류질병세균 중에서 연쇄구균종에 대한 일반적인 특성과 종류, 진단 방법에 대하여 기존에 연구 보고된 논문을 기반으로 알아보고자 한다. 대표적인 어류 연쇄구균종의 원인체로는 *Lactococcus garvieae*, *Streptococcus iniae*, *S. parauberis*가 있다. 연쇄구균종에 감염 시 나타나는 증상으로는 체색변화, 안구이상, 아가미 퇴색, 출혈, 복부팽만, 신장과 비장의 종대 등의 보이다 폐사가 일어난다. 또한 수온이 상승하는 6월부터 10월까지 주로 일어나며 집단적으로 발병하여 폐사가 일어난다. 현재 연쇄구균종을 진단하기 위한 기술로는 16S rRNA, 16S-23S rRNA intergenic spacer region (ISR), Random Amplified polymorphic DNA (RAPD), Ribotyping (RT), Loop-mediated isothermal amplification (LAMP) 등이 있다. 이 중에서 현장에서 적용 가능성이 높은 LAMP법이 각광을 받고 있지만 결과 확인 등의 문제로 인하여 현재는 어려움을 겪고 있는 실정이다. 이에 현장에서 진단부터 결과 확인까지 손쉽게 사용할 수 있도록 문제점을 보완하면 연쇄구균종에 대한 경제적 손실을 최소화 할 것으로 사료된다.