

Risikoanalyse- Utbrudd av Yersiniose på grunn av bærertilstand på rogn/ynge eller via ferskvannsinntak

Oppdrag

I forbindelse med oppstart av et nytt landbasert akvakulturanlegg i Smedvågen i Averøy kommune er det ønskelig med en risikovurdering knyttet til inntak av rogn med bærertilstand av bakterien *Yersinia Ruckeri* som forårsaker sykdommen yersiniose eller rødmunnsjuka som den også blir kalt. Det er også nødvendig å vurdere risikoen for at denne bakterien blir tatt inn med vannkildene. Landanlegget skal baseres på resirkulering og produsere fisk helt frem til slaktestørrelse. Dette stiller større krav til at all rogn og driftsvann som kommer inn i anlegget er fri for agens som kan utløse sykdom på fisken gjennom hele produksjonen hos Averøy Industripark AS.

Risikomatrise MarinHelse AS

5	10	15	20	25	>12	Kritisk
4	8	12	16	20	6-12	Betydelig
3	6	9	12	15	<6	Ubetydelig
2	4	6	8	10		
1	2	3	4	5		

Sannsynlighetsmodell

Nivå	Sannsynlighet
1	>10 år
2	5-10 år
3	2-5 år
4	0,5-2 år
5	< 0,5 år

Konsekvensmodell

	Nivå	Beskrivelse
1	Ubetydelig	Ubetydelige skader eller belastninger på mennesker, fisk og/eller materielle verdier
2	Mindre alvorlig	Små skader eller belastninger på mennesker, fisk og/eller materielle verdier
3	Alvorlig	Alvorlige skader og belastninger på mennesker, fisk og/eller materielle verdier
4	Kritisk	Kritiske skader på mennesker, fisk og/eller materielle verdier
5	Katastrofal	Katastrofal skade eller belastning på mennesker, fisk og/eller materielle verdier

Aktuell vurdering:

Forutsetninger:

Forekomst av bakterien som forårsaker yersiniose i rogn eller inntaksvann som tas inn til Averøy Industripark AS. Forekomst av agens i produksjonssystem og opptak av smitte gjennom produksjonsvann.

Risikofaktorer	Ønsket beskyttelsesnivå	Sannsynlighet	Konsekvens	Risiko	Risikohåndtering
Utbrudd av yersiniose hos Averøy Industripark AS		> 10 år (1)	Kritisk (4)	4	1) Kun innkjøp av rogn fra foreldre som er individtestet negativt for Yersiniose 2) Ekstra desinfeksjon av rogn ved ankomst anlegg 3) Behandling av begge typer inntaksvann 4) Screening for Yersinia ruckeri under drift helt frem til slaktetidspunkt 5) Beredskapsplan for tiltak under utbrudd av POX 6) Kjøring av driftsozon for å holde virusnivå under grensen som må til

					for å utløse sykdom hos laksefisk
--	--	--	--	--	-----------------------------------

Vurderinger ved innkjøp av rogn/ynge og inntak av ferskvann til Averøy Industripark knyttet til Yersinia Ruckeri

Planlagte smittebarrierer hos Averøy Industripark AS

Vanninntak ferskvann

Det planlagte anlegget vil bli forsynt med ferskvann fra det kommunale vannverket, da ferskvannsbehovet er såpass begrenset i mengde. Vannet blir levert fra Nordre Averøy Vannverk som henter vann fra Storvatnet.



Figur: Storvatnet (rød sirkel) ligger 7,4 km unna Smedvågen (blå sirkel) hvor anlegget skal bygges.

Storvatnet har et 7 kvadratkilometer stort nedslagsfelt og tilførselen er ca. 9 mill m³ råvann pr år. Nedslagsfeltet er vernet av kommunale reguleringsplaner som hindrer uønsket aktivitet og utslipp i nedslagsfeltet. Det ligger ingen industri, bensinstasjoner eller annet i nedslagsfeltet som er en trussel for råvannskvaliteten. Det er beregnet at vannverket kan levere normale mengder vann i omtrent 2 år uten at det faller nedbør overhodet.

Renseteknologi og kjemikalier: Det benyttes membran-teknologi til å rense vannet. Tettheten på membranene er 1000 Dalton (metrisk tilsvarer dette ca. 4nm eller 0,004 mikrometer(μm)). De

minste bakterier/virus/parasitter som forekommer i oppdrettssammenheng er mange ganger større, dette betyr at det er umulig å få disse gjennom membranen. Yersinia ruckeri- bakterien er 1-3 mikrometer i størrelse og blir stoppet effektivt av et slikt filter. Grunnen til at vannverket bruker så fine membraner er for å sikre at fargetallet blir så godt som mulig. Fargetallet fra vannverket ligger mellom 0 og 2 gjennom hele året. Fargen kommer av Humus/biologisk masse. Etter at vannet er renses gjennom membranene så ledes det gjennom en ny barriere som består av et dobbelt UV-anlegg. Det benyttes ikke klor i vannet. Ph justeres ved å tilsette vannglass med konsentrasjon 12 mg/1000 liter vann, dette gjøres for å sikre at ph ligger stabilt rundt 7,5 hele tiden. Dette for å beskytte rørnett, varmtvannsberedere i hus, fyringsanlegg, gulvvarmeanlegg etc mot korrosjon som oppstår ved for lav pH.

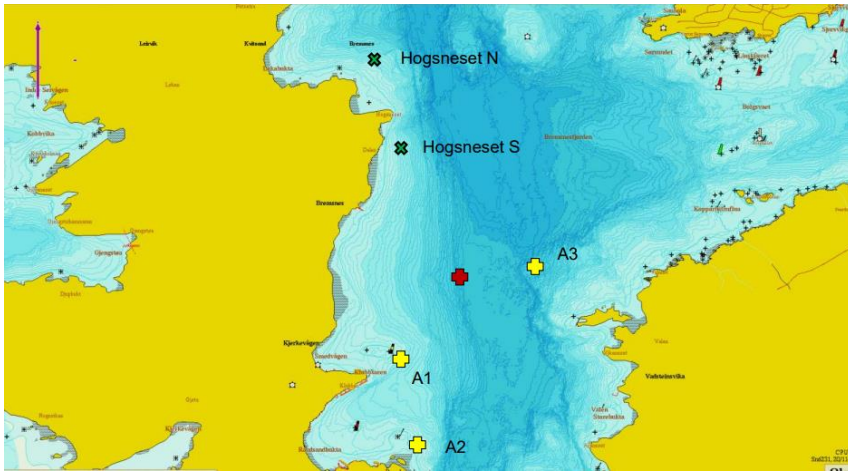
Kapasitet ved renseanlegget: Vannverket har to separate membranfiltreringsanlegg som leverer 80 m³ vann pr time, samlet max kapasitet 160m³ pr time. Normal timeproduksjon ligger på ca 70 m³/time. Det beregnede totale vannforbruket av ferskvann til produksjonen i Smedvågen er 9 m³/time. Alle systemer er doble med henblikk på redundans. Det er et dieselaggregat som starter automatisk og drifter hele anlegget ved bortfall av strøm. Vannverket er koblet sammen med Folland vannverk slik at det er lagt opp til full forsyning fra dette vannverket om en akutt forurensning skulle påvirke Nordre Averøy eller noe annet skulle skje med vannverkets evne til å produsere vann.

Vannverket har høydebassenger som sørger for stabilt trykk på ledningsnettets samtidig som det holder en 3200m³ reserve vannmengde om det skulle inntreffe kortere avbrudd ved anlegget. Anlegget tar jevnlig prøver av vannet og sender til eksternt laboratorium for analyse. SINTEF Norlab benyttes til dette formålet. Det er ikke påvist avvik utenfor grenseverdier for vann de siste 10 årene. Det er tre heltidsansatte ved vannverket, samtlige med mange års erfaring i vannverket i tillegg til relevante kurs/skolering. Det er døgkontinuerlig vakt ved vannverket 24/7 365 dager i året.

Det er gjort en vannanalyse av vannet fra Akvaplan Niva (vedlegg 15) med henblikk på verdier knyttet til oppdrett av fisk og denne viser et vann av svært god og stabil kvalitet som egner seg godt til oppdrettsformål. Det er ikke funnet behov for ytterligere rensing av vannet før inntak i produksjonen.

Vanninntak sjøvann

Det planlagte sjøvannsinntaket Det planlagte sjøvannsinntaket er plassert med en ca. 1000 m lang sjøvannsledning som går ned til et vanddyp på 130 m.



Planlagt posisjon for inntak av sjøvann er vist med rødt kryss. Planlagt utslipp av avløpsvann er markert med gult kryss A1. De to grønne kryssene er de to nærmeste akvakulturlokalitetene. Kartet er hentet fra Olex. Kartdatum: WGS84.

Det vil bli benyttet ulike desinfeksjonsmetoder i kombinasjon inkludert membranfiltreringsteknologi for å sikre kvaliteten på det sjøvannet som skal tas inn i produksjonen. Det vil bli etablert 4 identiske enkeltenheter for membranfiltrering som totalt har en kapasitet på 760 000 liter. Det er lagt inn en overkapasitet på vannproduksjon for å ha døgnkontinuerlig vannleveranse og med tanke på redundans. Tre av disse enkeltenhetene vil kjøre hele tiden mens det fjerde fungerer som en back-up og vil i tillegg bli benyttet under regelmessig vedlikehold av enkeltenheter. De membranfiltrene som skal benyttes vil ha en porestørrelse på 0,02 mikrometer. Denne porestørrelsen innebærer at selv de minste av de kjente virusene som kan representere en risiko for sykdomsutbrudd i akvakulturanlegg, IPN -og PRV-viruset, blir fanget opp i filtrene. Yersiniosebakterien er mellom 1-3 mikrometer stor, slik at denne vil stoppes effektivt.

Bakgrunnsdata Yersinia Ruckeri

Yersiniose eller 'rødmunnsyke' er forårsaket av den Gram-negative enterobakterien *Yersinia ruckeri*, første gang beskrevet fra USA på 1950-tallet og navngitt i 1978. Yersiniose er i utgangspunktet som en ferskvannssykdom å regne, men sykdomsutbrudd forekommer både i settefiskefasen og etter sjøsetting i Norge. Bakterien ble først beskrevet i Norge i 1985. *Y. ruckeri* forekommer i flere serotyper, men det er primært serotype O1 (og i noen grad O2) som assosieres med yersinioseutbrudd både i Norge og internasjonalt. Det er en spesiell særnorsk, genetisk variant av *Y. ruckeri* serotype O1 som ser ut til å ha vært årsak ved nesten alle alvorlige yersinioseutbrudd her til lands siden midten av 90-tallet (Gulla et al. 2018).

Om bakterien

Bakterien kan lett dyrkes fra hodenyre på syke individer, og vokser godt ved romtemperatur på vanlige dyrkningsmedier, f.eks. blodagar. Bakterien er ikke sporedannende og har gode vekstvilkår i temperaturer fra 22 til 37 °C, men vokser aller best mellom 22 og 25 °C. Det ser likevel ut til at optimal temperatur for infeksjon er betraktelig lavere, rundt 18 °C og lavere (Mendez J. *et al*

(2018)). Dyrkning anbefales for sikker serotyping og eventuell genotyping. Histologiske forandringer er uspesifikke, men immunhistokjemisk påvisning av bakteriene benyttes. Det finnes flere publikasjoner om påvisning av *Y. ruckeri* ved bruk av molekylærbiologiske metoder (del Cerro et al. 2002, Altinok et al. 2001). Eventuelle positive analyseresultater bør tolkes med forsiktighet, og i lys av nyere forskning som viser utbredt tilstedeværelse av *Y. ruckeri*-stammer i oppdrettsmiljøer som ikke kan knyttes til sykdom (Gulla et al. 2018). Det er nylig utviklet et meget sensitivt molekylærtotypingssystem (såkalt MLVA) som kan identifisere de viktigste sykdomsfremkallende klonene av bakterien (Gulla et al. 2018). Det finnes flere serotyper av bakterien (O1, O2, O3, O5, O6, O7, og O8), hvor serotype O1 dominerer i Norge. Videre kan bakterien deles inn i to ulike biotyper: biotype 1 og 2, hvor biotype 1 er bevegelig mens biotype 2 er ubevegelig. Det finnes også to typer klonale komplekser for bakterien, og ved hjelp av høyresolusjons genotyping (MLVA) har det i senere tid blitt avdekket at det er bakterier av serotype O1 og klonal kompleks 1 (kk1) som assosieres med sykdom hos atlantisk laks i Norge de siste 20 + årene (Gulla et al. (2019)) (Wrobel et al (2019)). Development of qPCR for specific detection of *Yersinia ruckeri* serotypes O1 and O2.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6770984/>

Vertsspekter og forekomst

Sykdommen kan opptre hos ulike fiskearter, men er hovedsakelig et problem hos laksefisk. I Norge assosieres den nesten utelukkende med atlantisk laks, hvor den gjerne manifesterer seg som en septikemi med blødninger og påfølgende sirkulasjonssvikt (Sommerseth I. et al (2020)). Yersiniose opptrer vanligvis i settefiskfasen, men har de siste 5 årene, i stadig alvorligere grad, også opptrådt i sjøfasen. Det er antatt at smitten fortrinnsvis introduseres i settefiskfasen. Sykdom i sjøfasen har tidligere primært blitt observert kort tid etter sjøsetting, mens man i de senere år, og spesielt i Midt-Norge (2017-2018), har sett stadig flere yersinioseutbrudd hos stor laks i sjø. Funn tyder på at mange av disse tilfellene kan ha oppstått som følge av subkliniske eller latente infeksjoner som er blitt aktivert i forbindelse med håndtering og stress rundt avlusning.

I settefiskfasen forekommer sykdommen i anlegg i hele landet, og i enkelte settefiskanlegg forekommer det sannsynligvis husstammer. I ferskvann kan sykdommen forårsake svært stor dødelighet på liten yngel og gi gjentatte utbrudd på samme fiskegruppe fra startfôring til utsett i sjø. I sjøfasen er utbruddene i all hovedsak knyttet til dødelighet rett etter sjøsetting og dødelighet på stor fisk i etterkant av stressoperasjoner. Sykdommen representerer i dag en stor utfordring for oppdrett av laks.

I 2019 ble det registrert 18 tilfeller av sykdommen fordelt på 12 lokaliteter med laks (6 settefisk, 5 matfisk, 1 stamfisk). Dette representerer en vesentlig nedgang fra 2018 med 31 tilfeller på 21 lokaliteter. Blant de tilfeller hvor serotype er bestemt, dominerer serotype O1. Det meste av nedgangen i antall tilfeller i 2018 og 2019 ser ut til å kunne forklares med at det forekommer færre utbrudd hos stor laks i sjø i Midt-Norge. Dette trolig som følge av økt vaksinedekning.

[file:///C:/Users/louis/Downloads/Fiskehelse rapporten%202019-ri2204-web%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/louis/Downloads/Fiskehelse rapporten%202019-ri2204-web%20(2).pdf)

Smitteveier og kontrolltiltak

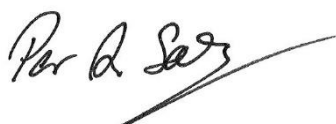
Bakterien er ubiquitær som betyr «overalt» både i jord og vann. Det antas at smitten skjer horisontalt fra fisk til fisk. Infeksjonen blir hovedsakelig spredt ved transport av fisk. I Norge er ikke den sykdomsfremkallende klonen ennå påvist i rogn eller rognvæske fra stamfisk av laks, men det er påvist flere genotyper av *Y. ruckeri* serotype O1 som ikke kan relateres til sykdom i slike produkter. Det er derfor sannsynlig at smitte via rogn eller rognvæske representerer en risikofaktor for spredning av sykdom hvis stamfisken er infisert med en virulent klon. Vaksiner ble introdusert tidlig, allerede på 70- tallet, og har redusert tapene på grunn av yersiniose betydelig. Sykdommen har imidlertid ikke forsvunnet, og fortsetter å gi økonomiske tap i mange områder. Det er antatt at smitteoverføring primært skjer i ferskvannsfasen. Sykdomsutbrudd tidlig etter sjøsetting skyldes trolig stressrelatert aktivering av subkliniske infeksjoner, men det er fremdeles uklart om dette også har vært tilfelle ved den senere tids utbrudd sent i sjøfasen. Slike utbrudd blir imidlertid ofte rapportert å komme kort tid etter mekanisk avlusning eller lignende håndtering.

Vaksinering mot yersiniose er vanligvis basert på bad, dypp eller injeksjon av vannbaserte vaksiner. I settefiskanlegg som er plaget med sykdommen har et vaksinasjonsregime med to ganger dyppvaksinering henholdsvis ved 3 og 6 grams størrelse og en vaksinering ved hjelp av injeksjon sammen med en standard multivalent vaksine gitt god beskyttelse både i ferskvann og sjøvann. Det finnes i dag ingen oljebaserte stikkvaksiner mot *Y. ruckeri* med markedsføringstillatelse. En del lakseprodusenter, spesielt i Midt-Norge, har imidlertid startet med injeksjon av vannbaserte dyppvaksiner i samstikk med en standard oljebasert vaksine, med tilsynelatende god effekt. Denne typen stikkvaksinering har blitt rutinemessig gjennomført hos en rekke oppdrettsselskaper i perioden 2017-2021 og har vist seg å være svært effektiv mot utbrudd av sykdommen i sjøvann.

Konklusjon

Med bakgrunn i de overnevnte faktorene er det svært liten risiko for utbrudd av Yersiniose hos Averøy Industripark AS. Forutsatt at de planlagte fysiske barrierene gjennom membranfiltrering samt påfølgende UV-bestråling i doble systemer og forøket styrke har effekt, vil risikoen være tilnærmet fraværende.

Ut fra erfaringer fra andre resirkuleringsanlegg i Norge er det MarinHelse AS sin oppfatning at bakterien *Yersinia ruckeri* effektivt kan holdes ute fra landbaserte akvakulturanlegg. Anlegg som har vært svært plaget av bakterien og som har valgt å sanere anlegget, har lyktes i å holde bakterien vekk fra anlegget med gode rutiner for inntak av patogenfri rogn og strenge tiltak på vannintakene. Tiltakene på vannbehandlingssiden er ytterligere forsterket sammenlignet med disse eldre anleggene hos Averøy Industripark AS og skulle bidra til å heve terskelen for å ta inn smitte ytterligere. Det planlagte smitteovervåkningsprogrammet skulle effektivt avdekke et hvert tilløp til forekomst av bakterien tidlig og slikt sett uansett forhindre et utbrudd av sykdommen.



Per Anton Sæther
Akvaveterinær
MarinHelse AS

Referanser

- FAO (2010) The state of world fisheries and aquaculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome
- Horne MT, Barnes AC (1999) Enteric redmouth disease (*Yersinia ruckeri*). In: Woo PTK, Bruno DW (eds) Fish diseases and disorders. Viral, bacterial and fungal infections. CABI Publishing, Wallingford, pp 445–477
- Ross AJ, Rucker RR, Ewing WH (1966) Description of a bacterium associated with redmouth disease of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Can J Microbiol 12:763–770
- Tobback E, Decostere A, Hermans K, Haesebrouck F, Chiers K (2007) *Yersinia ruckeri* infections in salmonid fish. J Fish Dis 30:257–268
- wing EW, Ross AJ, Brenner DJ, Fanning GR (1978) *Yersinia ruckeri* sp. nov., the redmouth (RM) bacterium. Int J Syst Bacteriol 28:37–44
- omalde JL, Toranzo AE (1993) Pathological activities of *Yersinia ruckeri*, the enteric redmouth (ERM) bacterium. FEMS Microbiol Lett 112:291–300
- Bastardo A, Ravelo C, Romalde JL (2012) Multilocus sequence typing reveals high genetic diversity and epidemic population structure for the fish pathogen *Yersinia ruckeri*. Environ Microbiol 14:1888–1897
- Arias CR, Olivares-Fuster O, Hayden K, Shoemaker CA, Grizzle JM, Klesius PH (2007) First report of *Yersinia ruckeri* biotype 2 in the U.S.A. J Aquat Anim Health 19:35–40
- Tobback E, Decostere A, Hermans K, Ryckaert J, Duchateau L, Haesebrouck F, Chiers K (2009) Route of entry and tissue distribution of *Yersinia ruckeri* in experimentally infected rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. Dis Aquat Org 84:219–228
- Willumsen B (1989) Birds and wild fish as potential vectors of *Yersinia ruckeri*. J Fish Dis 12:275–277
- Busch RA, Lingg AJ (1975) Establishment of an asymptomatic carrier state infection of enteric redmouth disease in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). J Fish Res Board Can 32:2429–2432
- Hunter VA, Knittel MD, Fryer JL (1980) Stress-induced transmission of *Yersinia-ruckeri* infection from carriers to recipient steelhead trout *Salmo-gairdneri richardson*. J Fish Dis 3:467–472
- Coquet L, Cosette P, Junter GA, Beucher E, Saiter JM, Jouenne T (2002) Adhesion of *Yersinia ruckeri* to fish farm materials: influence of cell and material surface properties. Colloids Surf B: Biointerfaces 26:373–378

- Glenn RA, Taylor PW, Pelton EH, Gutenberger SK, Ahrens MA, Marchant LM, Hanson KC (2014) Genetic evidence of vertical transmission and cycling of *Yersinia ruckeri* in hatchery-origin fall chinook salmon *Oncorhynchus tshawytscha*. *J Fish Wildl Manage* 5:197
- Ohtani M, Villumsen KR, Strøm HK, Raida MK (2014) 3D Visualization of the initial *Yersinia ruckeri* infection route in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) by optical projection tomography. *PLoS One* 9:e89672
- Nelson MC, LaPatra SE, Welch TJ, Graf J (2015) Complete genome sequence of *Yersinia ruckeri* strain CSF007-82, etiologic agent of red mouth disease in salmonid fish. *Genome Announc* 3:e01491–14
- Altinok I, Grizzle JM, Liu Z (2001) Detection of *Yersinia ruckeri* in rainbow trout blood by use of the polymerase chain reaction. *Dis Aquat Org* 44:29–34
- Keeling SE, Johnston C, Wallis R, Brosnahan CL, Gudkovs N, McDonald WL (2011) Development and validation of real-time PCR for the detection of *Yersinia ruckeri*. *J Fish Dis* 35:119–125
- Bastardo A, Ravelo C, Romalde JL (2012) Highly sensitive detection and quantification of the pathogen *Yersinia ruckeri* in fish tissues by using real-time PCR. *Appl Microbiol Biotechnol* 96:511–520
- Saleh M, Soliman H, El-Matbouli M (2015) Gold nanoparticles as a potential tool for diagnosis of fish diseases. *Methods Mol Biol* 1247:245–252
- Furones MD, Gilpin ML, Munn CB (1993) Culture media for the differentiation of isolates of *Yersinia ruckeri*, based on detection of a virulence factor. *J Appl Microbiol* 74:360–366
- Wiens GD, Glenney GW, LaPatra SE, Welch TJ (2006) Identification of novel rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) chemokines, CXCd1 and CXCd2: mRNA expression after *Yersinia ruckeri* vaccination and challenge. *Immunogenetics* 58:308–323
- Raida MK, Buchmann K (2009) Innate immune response in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) against primary and secondary infections with *Yersinia ruckeri* O1. *Dev Com Immunol* 33:35–45
- Harun NO, Wang T, Secombes CJ (2011) Gene expression profiling in naïve and vaccinated rainbow trout after *Yersinia ruckeri* infection: Insights into the mechanisms of protection seen in vaccinated fish. *Vaccine* 29:4388–4399
- Chettri JK, Raida MK, Kania PW, Buchmann K (2012) Differential immune response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) at early developmental stages (larvae and fry) against the bacterial pathogen *Yersinia ruckeri*. *Dev Comp Immunol* 36:463–474
- enhuis JP, Cleveland BM (2012) Modulation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) intestinal immune gene expression following bacterial challenge. *Fish Shellfish Immunol* 146:8–17
- Alderman DJ, Hastings TS (1998) Antibiotic use in aquaculture: development of antibiotic resistance – potential for consumer health risks. *Int J Food Sci Technol* 33:139–155

- Defoirdt T, Boon N, Sorgeloos P, Verstraete W, Bossier P (2007) Alternatives to antibiotics to control bacterial infections: luminescent vibriosis in aquaculture as an example. *Trends Biotechnol* 25:472–479
- Calvez S, Gantelet H, Blanc G, Douet DG, Daniel P (2014) *Yersinia ruckeri* biotypes 1 and 2 in France: presence and antibiotic susceptibility. *Dis Aquat Org* 109:117–126
- Stock I, Henrichfreise B, Wiedemann B (2002) Natural antibiotic susceptibility and biochemical profiles of *Yersinia enterocolitica*-like strains: *Y. bercovieri*, *Y. mollaretii*, *Y. aldovae* and “*Y. ruckeri*.”. *J Med Microbiol* 51:56–69
- Rodgers CJ (2001) Resistance of *Yersinia ruckeri* to antimicrobial agents in vitro. *Aquaculture* 196:325–345
- Qin Z, Baker AT, Raab A, Huang S, Wang T, Yu Y, Jaspars M, Secombes CJ, Deng H (2013) The fish pathogen *Yersinia ruckeri* produces holomycin and uses an RNA methyltransferase for self-resistance. *J Biol Chem* 288:14688–14697
- Irianto A, Austin B (2002) Probiotics in aquaculture. *J Fish Dis* 25:633–642
- Raida MK, Larsen JL, Nielsen ME, Buchmann K (2003) Enhanced resistance of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), against *Yersinia ruckeri* challenge following oral administration of *Bacillus subtilis* and *B. licheniformis* (BioPlus2B). *J Fish Dis* 26:495–498
- Abbass A, Sharifuzzaman SM, Austin B (2010) Cellular components of probiotics control *Yersinia ruckeri* infection in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *J Fish Dis* 33:31–37
- Brunt J, Newaj-Fyzul A, Austin B (2007) The development of probiotics for the control of multiple bacterial diseases of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *J Fish Dis* 30:573–579
- Capkin E, Altinok I (2009) Effects of dietary probiotic supplementations on prevention/treatment of yersiniosis disease. *J Appl Microbiol* 106:1147–1153
- Kim DH, Austin B (2006) Innate immune responses in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum) induced by probiotics. *Fish Shellfish Immunol* 21:513–524
- Balcázar JL, Vendrell D, de Blas I, Ruiz-Zarzuola I, Muzquiz JL, Girones O (2008) Characterization of probiotic properties of lactic acid bacteria isolated from intestinal microbiota of fish. *Aquaculture* 278:188–191
- Sica MG, Brugnoli LI, Marucci PL, Cubitto MA (2012) Characterization of probiotic properties of lactic acid bacteria isolated from an estuarine environment for application in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum) farming. *Antonie Van Leeuwenhoek* 101:869–879
- Ingerslev HC, Strube ML, Jørgensen LVG, Dalsgaard I, Boye M, Madsen L (2014) Diet type dictates the gut microbiota and the immune response against *Yersinia ruckeri* in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fish Shellfish Immunol* 40:624–633
- Jaafar RM, Kania PW, Larsen AH, Nielsen DS, Fouz B, Browdy C, Buchmann K (2012) Gut microbiota changes in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), during organic acid feed supplementation and *Yersinia ruckeri* infection. *J Fish Dis* 36:599–606

- Busch RA (1978) Protective vaccines for mass immunization of trout. *Salmonid* 1:10–22
- Cagirgan H, Tanrikul T (1998) Testing the effectiveness of a *Yersinia ruckeri* in infected and chemically treated juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *J Appl Ichthyol* 14:239–243
- Raida MK, Buchmann K (2008) Bath vaccination of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) against *Yersinia ruckeri*: effects of temperature on protection and gene expression. *Vaccine* 26:1050–1062
- Costa AA, Leef MJ, Bridle AR, Carson J, Nowak BF (2011) Effect of vaccination against yersiniosis on the relative percent survival, bactericidal and lysozyme response of Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Aquaculture* 315:201–206
- Soltani M, Shafiei S, Yosefi P, Mosavi S, Mokhtari A (2014) Effect of Montanide™ IMS 1312 VG adjuvant on efficacy of *Yersinia ruckeri* vaccine in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fish Shellfish Immunol* 37:60–65
- Villumsen KR, Neumann L, Ohtani M, Strøm HK, Raida MK (2014) Oral and anal vaccination confers full protection against enteric redmouth disease (ERM) in rainbow trout. *PLoS One* 9:e93845
- Ispir U, Dorucu M (2010) Effect of immersion booster vaccination with *Yersinia ruckeri* extracellular products (ECP) on rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Int Aquat Res* 2:127–130
- Deshmukh S, Raida MK, Dalsgaard I, Chettri JK, Kania PW, Buchmann K (2012) Comparative protection of two different commercial vaccines against *Yersinia ruckeri* serotype O1 and biotype 2 in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Vet Immunol Immunopathol* 145:379–385
- Bridle AR, Koop BF, Nowak BF (2012) Identification of surrogates of protection against yersiniosis in immersion vaccinated Atlantic salmon. *PLoS One* 7:e40841

