

넙치 인공종묘생산에 있어 막분리 여과 시스템을 이용한 수질환경의 개선

정관식 · 안창범* · 오명주 · 지승철 · 유진형⁺
여수대학교 수산생명과학부, *여수대학교 식품공 · 영양학부*

Improvement of Water Quality Using Ultra Filtration System in Artificial Seed Production of Olive Flounder, *Paralichthys olivaceus*

Gwan-Sik JEONG, Chang-Bum AHN*, Myung-Joo OH, Seung-Cheol JI and Jin-Hyung YOO⁺

Division of Aqua Life Science, Yosu National University, Yosu 550-749, Korea
*Division of Food Technology and Nutrition, Yosu National University, Yosu 550-749, Korea

Water quality, bacterial phase and fish growth rate were analyzed in the process of artificial seed production of flounder (*Paralichthys olivaceus*) larvae to investigate the water quality in rearing tank using Ultra Filtration System (UFS). Sand Filtration System (SFS) and Ultra Filtration System (UFS) were set up in the experimental group. For the analysis of water quality, pH, salinity, DO, SS, COD, NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻, DIN (dissolved inorganic nitrogen) and DIP (dissolved inorganic phosphate) were measured. There was no data difference between SFS group and UFS group in most analysis items, but the UFS group showed low salinity and low SS values, such that salinity was 33.5‰ in SFS group and 30.2‰ in UFS group and SS was 15.5 mL/L in SFS group and 7.0 mL/L for UFS group. For changes in bacterial phase and TBC (Total Bacterial Counts), in SFS group, 6×10⁵ CFU/mL in seawater decreased to the ratio of about 1/6, and TBC, Genus *Vibrio* and bacteria in the Genus *Acinetobacter* and Genus *Micrococcus* sharply increased after nine days, while stable bacterial phase was maintained low in UFS group during the experiment except for Genus *Alteromonas*. In the growth of the larvae, fish length was 17.0 mm (SGR 14.0) in the SFS group and 18.8 mm (SGR 14.3) in the UFS group. It is concluded that when water is supplied for artificial seed production with UFS, stabilization of water quality condition and inhibition of bacterial multiplication are possible. When production environment becomes stable, stable growth of fish becomes possible by reduction of environmental stress.

Key words: Ultra filtration system, Flounder, *Paralichthys olivaceus*, Water quality, Bacterial population

서 론

국내 해산어 양식어업은 1990년대를 즈음하여 급속한 증가 추세에 있으나, 연안의 수질은 환경오염에 의해 점차 악화되어 되어 가면서 해수를 이용하는 양식생물의 생산력을 저하시키는 요인이 되고 있다. 특히, 어류의 인공종묘생산과정에서의 수질은 생산력을 좌우하는 중요한 요소로서 인식되고 있다.

우리나라의 연안해수를 포함한 주위환경은 MBV (marine birna virus), NNV (nervous necrosis virus), FHV (flounder herpes virus) 등의 바이러스와 *Streptococcus*속, *Edwardsiella*속, *Staphylococcus*속, *Pseudomonas*속 및 *Vibrio*속 등의 병원성 세균들에 노출되어 있기 때문에 항상 발병의 위험을 안고 있으며 (Sim et al., 1994; Sohn et al., 1995), 이러한 병원성 미생물에 의해 해산어 양식어업은 해마다 많은 피해를 받고 있으며 인공종묘의 생산력에 큰 영향을 미치고 있다.

인공종묘생산 과정 중의 자어의 생존율을 높이고 자연해수로부터 병원성 세균을 제거하기 위해 고압모래여과기, 자외선 살균기, 오존 발생기, 카트리지 필터 등이 사용되고 있으나 병원성 미생물의 차단에는 효율성의 문제가 있다고 지적되어 왔다 (최와 문,

1999). 최근 막여과에 의한 정수기술이 개발되어 지고 있는데 주로 정밀여과막 (microfiltration), 한외여과막 (ultrafiltration), 나노여과막 (nanofiltration) 등이 사용되고 있으며 막의 선정은 수중에 존재하는 제거대상 물질의 종류에 따라 달라진다 (김과 윤, 2001).

최근에는 고분자 합성기술의 발달로 막분리 기술이 개발되어 미생물, 바이러스, 단백질 및 금속 이온 등의 선택적 제거와 분리에 사용되고 있다 (Cheryan, 1986; Merlo, 1993). 막분리법은 액상 또는 기상의 매질에 강한 압력을 가하여 특정물질을 분리하는 방법으로서 막의 기공보다 작은 물질은 막을 통과하며 큰 물질은 막 통과가 차단되어 막의 기공 크기를 목적에 맞게 선택함으로써 목적 물질을 선택적으로 분리하고 제거할 수 있다 (Paulson and Wilson, 1987). 막분리 기술은 새로운 막의 개발에 따라 그 응용 범위가 확대되어 시판 생수의 제조, 의약 및 식품 산업, 정수장 등으로 적용 범위가 확대되고 있다 (Merlo et al., 1985; Jeon et al., 1999). 산업적으로 활용되고 있는 막분리 시스템을 수질의 영향에 민감한 인공종묘생산의 수질관리에 사용하여 수질정화 및 병원성 미생물의 제거효과를 기대할 수 있다.

본 연구에서는 반폐쇄식 넙치 종묘배양장의 자연해수를 막분리 여과시스템을 이용하여 수질 안정 효과와 더불어 병원성 미생물을 제거한 사육해수를 공급하여 안정적인 인공종묘생산을 검토하고자 넙치 자치어를 대상으로 사육실험을 실시하였다.

⁺Corresponding author: jhyoo64@hanmail.net

재료 및 방법

1. 실험구

고압모래여과해수는 40 HP 펌프로 고압모래여과기를 통과시켜 저수조에 1차로 저장한 후 고압모래여과해수는 이 해수를 순환펌프 (1 HP)를 이용하여 직접 사육수조에 공급하였으며, 막분리여과해수는 저수조에 저장된 해수를 막분리여과 장치로 여과한 후 사육수조에 공급하였다. 수질측정을 위한 실험구는 자연해수 (SW), 고압모래여과시스템구 (SFS) 및 막분리여과시스템구 (UFS)로 3개의 실험구를 설정하였으며, 넙치 사육 실험은 SFS구 및 UFS구로 2개 실험구를 설정하여 각 3반복으로 실험하였다.

2. 막분리여과 장치

막의 재질은 투수율, fouling 정도, 역세정, 화학세정 등을 행하여 가장 여과율이 높은 한외여과막을 선정하였다. 막분리여과 장치에 장착된 중공사형 (中空絲型, hollow fiber type) 한외여과막 (ultra filtration membrane)은 외경 1.2~2.0 mm, 내경 0.4~1.2 mm의 중공사를 수천개 묶어 압력 용기에 넣은 것으로 단위면적당 투과량이 매우 크고 화학 및 물리적 세정이 가능하다. 중공사형 한외여과막의 도면은 Fig. 1과 같으며, 주요 사양은 Table 1과 같다.

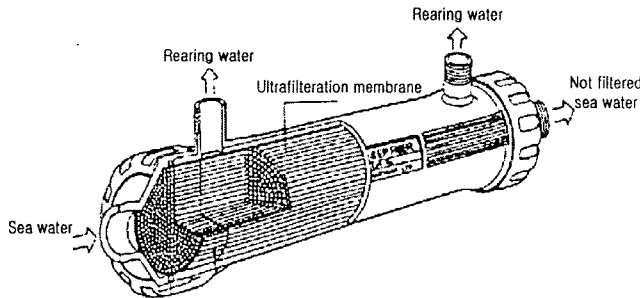


Fig. 1. The diagram of the hollow fiber module and the ultra filtration membrane used in the ultra filtration system.

Table 1. The properties of the ultrafiltration membrane used in the experiment

Module	Hollow fiber (Φ 10 mm × 620 mm)
Material	Polysulfone
Molecular Weight Cut-Off	50,000
Total filtration area	3.8 m ²
Operation pressure	<3.0 kg/cm ²
Operation temperature	<60°C
pH range	1~14
Size of lumen	Φ 0.8/1.3 (IO/DO) mm

실험에 사용된 막분리여과 장치는 중공사형 한외여과막으로 직경 6인치, 분획분자량 50,000의 polysulfone막으로 2개를 직렬연결하고 3개를 병렬로 연결하여 6개의 막을 장착하였으며 시간당 10톤의 여과해수를 공급할 수 있다. 여과막 선단에는 예비여과를 위하여 20인치 cartridge filter (pore size, 50 μm) 9개가 들어가는 prefilter housing을 장착하였다.

3. 실험어의 사육

수정란은 전남 여수시에 위치한 개인 양식장에서 사육중인 4~5년산, 50~60 cm 크기의 넙치 친어로부터 자연 산란된 수정란을 여수대학교 수산증양식연구센터로 이송하여 1톤 원형수조에 난을 각 2만립씩 수용하였다.

부화 자어의 사육은 부화 1일째부터 부화 10일째까지 클로렐라를 실험수조내 80~120만 cells/mL 정도가 유지되도록 첨가하여 주었고, 부화 2일째부터 18일째까지 로티퍼를 5~12 개체/mL 공급하였다. 알테미아는 부화 15일째부터 30일째까지 1~2 개체/mL 공급하였고, 초기미립사료는 부화 12일째부터 실험 종료시까지 공급하였다 (Table 2). 실험은 넙치의 변태가 완료되고 전개체가 착저된 37일째까지 실시하였다.

Table 2. Feeding regime during the experimental period

	Days after hatching								
	1	5	10	15	20	25	30	35	40
Chlorella	←→								
Rotifer	←→								
Artemia				←→					
Commercial diet	←→								

사육수의 환수는 부화 6일째까지 0.2 회전/일씩, 10일까지 0.5 회전/일, 15일까지 1 회전/일, 20일까지 2 회전, 37일까지 5 회전/일로 환수율을 증가시키며 사육하였다.

사육기간 동안은 막분리여과기의 병원성 세균의 계균 여부와 외부로부터 유입되는 세균의 종류, 사육수조내의 총세균수의 변화를 조사하기 위해 약품이나 소독제의 사용은 금하였다.

4. 수질 분석 및 세균상 조사

실험사육수의 수질 측정을 위해 수소이온농도 (pH)는 pH meter (HI 9025C, HANNA instruments)로, 용존산소 (DO)는 DO meter (90D, TPS PTY. LTD, Australia)로 현장에서 측정하였으며, 부유물질 (SS)은 환경오염 공정시험법에 따라 유리섬유 여과지로 여과하여 중량법으로 측정하였고, 화학적산소요구량 (COD)는 알칼리성 과망간산 칼륨법으로 알칼리성 하에서 과망간산칼륨의 소비량을 측정하여 계산하였다. 영양염류의 분석은 해양관측지침에 의거하여 암모니아성 질소 (NH₄⁺-N)는 인도페놀법, 아질산성 질소 (NO₂⁻-N)는 NED법, 질산성 질소 (NO₃⁻-N)는 Cd-Cu 칼럼 환원법, 인산염은 아스크로빅산법, 규산염은 폴리브텐 청법으로 분석하였다 (日本氣象協會, 1985).

세균상 관찰을 위한 실험용 해수는 무균 처리한 채수병에 채수하여 상온에서 실험실로 수송하여 미리 준비한 해수기초평판배지 (Zobell, 1941)에 10배 희석 단계로 접종하여 호기조건하의 27°C에서 배양한 후 배양 4일째 각 샘플내에 나타난 colony를 형태별, gram 염색별로 구분하여 각각의 구분된 colony를 계수하였다. 균의 동정을 위해 순수 배양하여 gram stain, OF test, motility test, oxidase test, 젤라틴 분해능, 편모염색, 염류요구성테스트, DNA 분해능 test, 한천분해능 test, 색소 생산능 test 등을 통하여 속단

위까지 분류하였으며, 총균수는 Ezura and Simizu 법 및 colony count법으로 행하였다 (日本海洋學會, 1990).

성장효과 조사를 위해 실험 종료 후 각 실험구별로 각 30마리씩 샘플하여 진장, 체장, 체고 및 어체중을 측정하였다.

결 과

여과기의 수질정화 능력을 평가하기 위하여 SW구, SFS구, UFS구에 대한 수질을 비교하여 Table 3에 나타내었다. 각 실험구에 있어서 수온은 18.3~18.9°C 범위였으며, pH는 8.34~8.56, DO는 7.8~8.2 mL/L로서 차이를 보이지 않았다. COD는 SW구의 0.69 mL/L에 비해 SFS구 0.32 mL/L, UFS구 0.48 mL/L로서 두 시험구의 여과효과에 대한 결과로 낮은 수치를 보였으며, SS는 SW구의 21.8 mL/L에 비해 SFS구 15.5 mL/L, UFS구 7.0 mL/L로서 각 시험구에 대한 여과능력이 현저한 차이를 나타내어 부유물질에 대한 UFS구의 여과능력이 가장 높게 나타났다. 한편, 질산성질소 (NO₂⁻-N)에서는 실험구간의 차이가 나타나지 않았으나, 암모니아성질소 (NH₄⁺-N), 아질산성질소 (NO₃⁻-N), 용존무기질소 (DIN) 및 인산염인 (DIP) 수치는 UFS구가 SW구 및 SFS구에 비해 모두 낮은 경향을 나타내었다.

Table 3. Water quality parameters of experimental tanks before feeding trials

Item	SW ¹	SFS ²	UFS ³
Water Temperature (°C)	18.5	18.8	18.9
pH	8.51	8.41	8.51
DO ⁴ (mL/L)	8.3	8.0	8.3
COD ⁵ (mL/L)	0.69	0.32	0.48
Salinity (‰)	33.5	33.5	30.2
SS ⁶ (mL/L)	21.8	15.5	7.0
NH ₄ ⁺ -N (µg-at/L)	0.41	0.28	0.25
NO ₂ ⁻ -N (µg-at/L)	0.27	0.29	0.31
NO ₃ ⁻ -N (µg-at/L)	0.97	0.65	0.55
DIN ⁷	1.50	1.40	1.22
DIP ⁸	0.89	0.82	0.77

¹SW: untreated seawater.
²SFS: seawater filtered through high pressure sand filter.
³UFS: seawater filtered through ultrafiltration membrane.
⁴Dissolved oxygen, ⁵Chemical oxygen demand.
⁶Suspended solid, ⁷Dissolved inorganic nitrogen.
⁸Dissolved inorganic phosphate.

사육 25일째 실험구의 세균상과 총균수를 자연해수와 비교하여 Table 4에 나타내었다. 자연해수인 SW에서는 *Flavobacterium*, *Alteromonas*, *Pseudomonas*, *Vibrio*속이 출현하여 총균수는 5.9×10⁵ CFU/mL로 하절기의 일반적인 연안해수의 수치를 나타내었다. SFS구에서도 SW구와 동일한 세균상이 나타났으나 총균수는 9.5×10⁴ CFU/mL로서 SW에 비해 약 1/6의 낮은 수치를 내었으며, UFS구의 경우 2.5×10³ CFU/mL의 *Alteromonas*속 세균 일부가 존재하는 것 이외에 다른 종류의 세균은 검출되지 않았다. SFS구

Table 4. Changes of bacteria species composition and total cell count in the rearing tank at 25th day after hatching

Experiment groups	Species	Cell count (CFU/mL)	Total cell count (CFU/mL)
SW ¹	<i>Flavobacterium</i> sp.	5.2×10 ⁵	5.9×10 ⁵
	<i>Pseudomonas</i> sp.	3.5×10 ⁴	
	<i>Alteromonas</i> sp.	1.7×10 ⁴	
	<i>Vibrio</i> sp.	1.7×10 ⁴	
SFS ²	<i>Flavobacterium</i> sp.	3.8×10 ⁴	9.5×10 ⁴
	<i>Pseudomonas</i> sp.	3.2×10 ⁴	
	<i>Alteromonas</i> sp.	1.4×10 ⁴	
	<i>Vibrio</i> sp.	1.1×10 ⁴	
UFS ³	<i>Alteromonas</i> sp.	2.5×10 ³	2.5×10 ³

¹SW: untreated seawater.
²SFS: seawater filtered through high pressure sand filter.
³UFS: seawater filtered through ultra filtration membrane.

와 UFS구 모두 제균효과는 있었으나 UFS구가 10배 이상 월등한 것으로 나타났다.

부화 후 27일째까지 사육수에서의 총균수 변화를 Fig. 2에 나타내었다. SFS구는 초기에 약 1.2×10⁴ CFU/mL이었으나 3일경부터 감소하여 3×10³ CFU/mL까지 줄었으나 19일째부터 급속히 증가하면서 *Vibrio*속의 증가가 관찰되었고, 27일째에는 2.5×10⁴ CFU/mL까지 상승하여 이전까지 검출되지 않았던 *Acinetobacter*속과 *Micrococcus*속 세균이 급격히 출현하는 경향을 보였다. 반면 UFS구는 최대치 1.4×10³ CFU/mL 이하의 수준에서 총균수의 변화가 안정적인 경향을 나타내었다.

부화 후 37일째까지의 성장 결과를 Table 5에 나타내었다. 평균전장은 UFS구가 18.8 mm, SFS구가 17.0 mm이었으며, 체고는 UFS구가 6.30 mm, SFS구가 5.80 mm이었으며, 평균 어체중은 UFS구가 53 mg, SFS구가 35 mg으로서 UFS구에서 성장이 현저히 좋은 결과를 나타내었다.

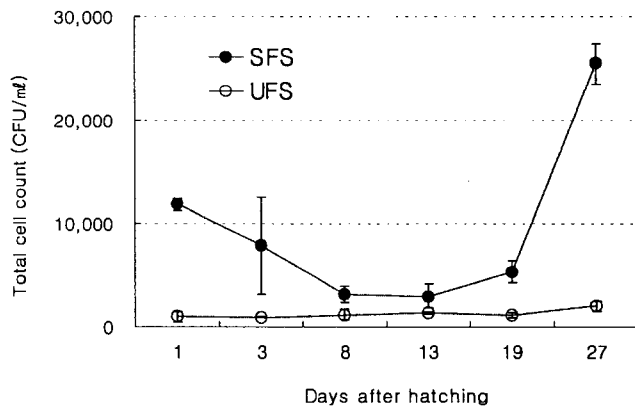


Fig. 2. Changes in total cell counts for 27th day after hatching. —●—: in a rearing tank in which seawater was filtered through the high pressure sand filter system; —○—: in a rearing the tank in which seawater was filtered through the ultra filtration membrane system.

Table 5. Growth of flounder larvae at 37th day after hatching

	Survival rate (%)	Total length (mm)	Body weight (mg)	SGR*
UFS	37.0 ± 5.0	18.8 ± 0.4	53 ± 7	14.3
SFS	17.7 ± 14.5	17.0 ± 0.1	35 ± 3	14.0

*Specific growth rate (day^{-1}) = $\{(\log_e Y_T - \log_e Y_t) / (T - t)\} \times 100$,
 Y_T is final length at time T and Y_t is initial length at time t.

고 찰

부화 자어의 초기 생존율과 성장에는 수온, 사육밀도, 먹이계열, 질병 감염과 이에 따른 항생제 투여와 약욕, 이동이나 취급시의 스트레스 등이 많은 영향을 미치게 된다 (Hyun and Rho, 1996; Seikai et al., 1986). 또한 먹이생물에 축적된 세균은 자어의 생존율을 저하시키는 원인이 되며 이는 사육수의 수질환경에 따라 변화한다고 보고하였으며 (Iwata et al., 1978; Matsumoto et al., 1988 a, b), Tabata et al. (1982) 및 Lee et al. (1995)은 특히 해수중의 *Vibrio*속 세균이 어류의 종묘생산과정에서 대량 폐사의 원인이 된다고 보고하였다.

넙치 종묘생산 기간중 사육수조내의 수질은 UFS구가 SFS구에 비해 몇몇의 항목에서 좋은 경향이였으며, 특히 SS의 제거율이 뛰어난 것으로 평가되었다. 제균효과에 대해서는 SFS구의 경우 총균수의 변동이 매우 심하여 공급원수의 세균변동에 많은 영향을 받는 것으로 나타났으며 특히 병원성 세균인 *Vibrio*속 균의 증가가 뚜렷하였으나, UFS구의 경우 종묘생산기간중 병원성 세균의 출현에 무관하게 세균의 수적인 면에서 월등히 낮아 막분리시스템은 안정된 사육수를 공급할 수 있는 방법이 확인되었다. 한편, SFS구의 경우 실험 초기에 검출되지 않았던 *Acinetobacter* sp.와 *Micrococcus* sp. 2종의 새로운 세균이 실험이 진행되는 과정에서 검출되거나 총균수의 변화가 있었는데 이것은 먹이생물의 공급에 의한 것으로 생각되어 진다 (Iwata et al., 1978; Matsumoto et al., 1988 a, b; Choi et al., 1998). 이러한 먹이생물은 일반적인 고압 모래여과기를 통과한 여과해수로 배양됨으로써 수중에 잔존하는 세균에 쉽게 노출되어져 오염되어지므로 먹이생물 배양용수의 사용에 있어서도 막분리여과해수를 사용하는 것이 이러한 현상을 방지하는데 효과적일 것으로 생각된다.

세균의 성장억제 효과는 생존율 및 어체중에도 영향을 주어 UFS구가 SFS구에 비해 우수한 결과를 얻을 수 있었다. 그러나 전체적으로 생존율이 다소 낮은 것은 먹이생물과 함께 유입된 세균의 영향으로 생각되어 지며 (Matsumoto et al., 1988b), 다소 높은 폐사율이었지만 이는 인공종묘생산중에 발생하는 자연폐사로 생각되어 진다.

SFS구 초기 사육에서는 10^4 CFU/mL 범위의 총균수였으나 13일 경까지 감소하는 경향에서 19일령 이후부터 급격히 증가하는 경향을 나타냈다. 초기감소의 원인에 대해서는 역학적 분석이 어려웠으나 SW에 비해 현저히 낮은 총균수를 나타내므로 SFS시스템에서도 세균 증식에 대한 억제효과가 있는 것으로 생각되어 지며, 사료의 공급이 10일령부터 소량 공급되다 공급량이 증가하는

19일령부터 사료찌꺼기에 의한 영향으로 세균수가 급증하게 되는 것으로 생각되어 진다. 이에 비해 UFS구는 초기부터 SS제거 및 제균효과가 뛰어나 일정한 수준 이하에서 총균수를 나타내며 사료공급이 급증한 이후에도 여과효과 및 환수율의 증가로 세균의 증식이 억제되어 지는 것으로 판단된다.

막분리여과시스템을 이용하여 무균해수를 종묘생산장에 공급하는 것은 새롭게 제안되는 과제이며, 이러한 시스템의 이용은 수질환경의 안정, 약제사용의 경감, 사육어의 스트레스 경감 효과 등으로 인해 안정적인 종묘생산에 기여할 수 있으며 병원성 질병에 의한 대량폐사 등의 기여효과로서 해산어류의 종묘생산현장에 활용되어 질 것으로 기대되어 진다.

요 약

막분리여과 시스템을 이용한 수질환경의 조절과 인공종묘생산 어류의 성장에 미치는 영향을 조사하기 위하여 사육수의 수질분석, 세균상 조사 및 자어의 성장률 등을 조사하여 비교하였다.

실험구는 고압모래여과기 (SFS)와 막분리여과시스템 (UFS)을 두었으며, 수질에 대해서는 pH, 염분도, DO, SS, COD, NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , DIN, DIP를 분석하였다. 대부분의 분석항목에서는 SFS구와 UFS구에서 큰 차이가 없었으나, 염분도는 SFS구 33.5‰, UFS구 30.2‰이었으며, SS는 SFS구 15.5 mL/L, 7.0 mL/L으로써 염분도와 SS에 대해서는 낮은 값을 나타내었다.

세균상 및 총균수의 변동에서 자연해수의 6×10^5 CFU/mL은 SFS구에서 약 1/6의 비율로 낮아지고 9일째 이후 총균수와 *Vibrio*속이 급격히 증가하고 *Acinetobacter*속 및 *Micrococcus*속 세균이 급증하기 시작하였으나, UFS구에서는 *Alteromonas*속 세균의 일부가 남아있는 것 이외에 실험기간 중 안정적인 세균상을 유지하였다.

성장률은 SFS구가 전장 17.0 mm (SGR 14.0)이었으며, UFS구가 18.8 mm (SGR 14.3)로서 유의적으로 높은 성장을 나타내었다.

막분리여과시스템을 이용하여 무균해수를 종묘생산장에 공급하는 것은 수질환경의 안정과 제균효과에 의해 세균의 증식이 억제되므로 자어의 사육환경이 안정적으로 유지되어 질 수 있는 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 해양수산부 수산특정연구개발사업의 수행에 의한 연구결과이며, 연구비를 지원해준 해양수산부에 감사 드립니다.

참 고 문 헌

- Cheryan, M. 1986. Ultrafiltration handbook. Technomic Publishing Co., Inc., Lancaster, PA.
 Choi, S.D., K.S. Jeong, H.J. Kim and S.S. Kim. 1998. Environmental factors related to mass mortalities of young red sea bream (*Pagrus major*) in the artificial seed production. J. Aquacult.,

- 11, 203~212.
- Hyun, C.H. and S. Rho. 1996. Studies on the early growth of rockfish, *Sebastes schlegeli*. J. Aquacult., 9, 25~42.
- Iwata, K., Y. Yanohara and O. Ishibashi. 1978. Studies on factors related to mortality of young red seabream (*Pagrus major*) in the artificial seed production. Fish Pathol., 13, 97~102.
- Jeon, Y.J. G.H. Kim P.J. Park and S.K. Kim. 1999. Calcium absorption accelerating effect of chitosan oligosaccharides prepared by ultrafiltration membrane enzymatic reactor. J. Kor. Fish. Soc., 32, 247~251.
- Lee, J.B., S. Rho and C.B. Song. 1995. The biological and biochemical characteristics of a *Vibrio* sp., causative agent of intestinal necrosis of flounder (*Paralichthys olivaceus*) larvae. J. Fish Pathol., 8, 99~109.
- Matsumoto, N., M. Abe and K. Nosaka. 1988a. Studies on factors related to mass mortalities of black sea bream fry in the artificial seeding production-I. Bacterial contamination of cultured rotifer. Bull. Kagawa Pref. Fish. Exp. Stn., 3, 9~17.
- Matsumoto, N., M. Abe and K. Nosaka. 1988b. Studies on factors related to mass mortalities of black sea bream fry in the artificial seeding production-II. Infection experiments by feeding rotifer contaminated with bacteria and by using dead fry from disease. Bull. Kagawa Pref. Fish. Exp. Stn., 3, 19~29.
- Merlo, C.A., L.D. Pederson and W.W. Rose. 1985. Hyperfiltration/reverse osmosis: A handbook on membrane filtration for the food industry. NFPD, Dublin, CA.
- Merlo, C.A. 1993. A membrane filtration handbook/selection guide, NFPA, Dublin, CA.
- Paulson, D.J. and R.L. Wilson. 1987. Crossflow membrane technology: Its use in the food industry, recent innovation. In "Changing Food Technology", ed. Kroger M. and R. Shapiro, pp. 85~103. Technomic Pub. Co. Lancaster, PA.
- Sim, D.S., S.H. Jung, H.S. Park and S.K. Chun. 1994. The biological and biochemical characteristics of staphylococcus epidermidis isolated from diseased cultured flounder (*Paralichthys olivaceus*). J. Fish Pathol., 7, 23~26.
- Seikai, M., J.B. Tanangonan and M. Tanaka. 1986. Temperature influence on larval growth and metamorphosis of the Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* in the laboratory. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 52, 977~982.
- Sohn, S.G., M.A. Park, J.W. DO, C.R. Jung and J.W. Park. 1995. Characterization of bimavirus isolated from cultured flounder fry. J. Fish Pathol., 8, 91~98.
- Tabata, K., S. Karata and M.S. Ruiz. 1982. Studies on naturally occurring disease during the production of ayu (*Plecoglossus altivelis*) in sea water-II. Dynamics of *Vibrio anguillarum*. Fish Pathol., 17, 205~212.
- Zobell, C.E. 1941. Study on marine bacteria. 1. The cultural requirements of heterotrophic aerobes. J. Marine Research, 4, 42~75.
- 日本海洋學會編. 1990. 沿岸環境調査マニュアルII-水質・微生物編. 恒星社厚生閣, pp. 357~372.
- 日本氣象協會. 1985. 海洋觀測指針, pp. 177~186.
- 김충환, 윤재홍. 2001. KOWACO막여과 정수처리기술의 개발. 한국수처리기술연구회, 9, 79~87.
- 최혜승, 문대석. 1999. 해산어류 종묘생산시 초기 자치어 사육기간 중 세균 및 수질 변화. 국립수산진흥원 연구보고, 56, 165~176.

2002년 7월 11일 접수

2002년 11월 18일 수리