

## 담수순화 감성돔 *Acanthopagrus schlegelii*의 정액특성 및 정자운동성

정민환<sup>1</sup> · 장영진<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>국립수산과학원 양식관리과, <sup>2</sup>부경대학교 해양바이오신소재학과

### Properties of Semen and Sperm Motility of Black Porgy *Acanthopagrus schlegelii* Acclimated in Freshwater

Min Hwan Jeong<sup>1</sup> and Young Jin Chang<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>Aquaculture Management Division, National Fisheries Research and Development Institute, Busan 619-902, Korea

<sup>2</sup>Dept. of Marine Bio-materials and Aquaculture, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

**ABSTRACT** : The comparison of the chemical properties of semen of black porgy *Acanthopagrus schlegelii* long-term acclimated reared in freshwater (BFW) and seawater (BSW) with sperm activity of salinity and ion composition. The chemical properties of seminal plasma on BFW of the factors that most there was not significant difference in the BSW. However, osmolality in seminal plasma of BFW and BSW was  $307.0 \pm 4.6$  and  $337.3 \pm 10.1$  mOsm/kg, respectively, where BFW showed significant lower concentration in contrast to BSW. Salinity effect on sperm motility of BFW and BSW in 0 psu solution, no sperm motility was observed, whereas in 10 psu solution, both BFW and BSW sperms showed low motility and short time post sperm activation. However, diluted in 20 and 32 psu solutions, highest motility and long time post sperm activation were observed in BFW and BSW sperm. SAI of BFW and BSW varied in depend on the osmolality regardless of ion kind and it showed the highest value in the similar osmolality of artificial seawater (956 mOsm/kg). Accordingly, even in sperm released from BFW, factors initiating sperm motility are determined by osmolality.

**Key words** : Black porgy, *Acanthopagrus schlegelii*, Freshwater acclimation, Semen property, Sperm motility

**요약** : 장기간 담수순화 사육한 감성돔 *Acanthopagrus schlegelii*(BFW) 정액의 화학적 특성과 염분 및 이온조성에 따른 정자활성을 해수사육 감성돔(BSW) 정액과 비교하였다. BFW 정액의 화학적 특성은 대부분의 요인에서 BSW 정액과 차이를 보이지 않았으나, 삼투질농도는 각각  $307.0 \pm 4.6$ ,  $337.3 \pm 10.1$  mOsm/kg으로 차이를 보였다. 염분에 따른 BFW 및 BSW의 정자운동성은 0 psu에서는 운동성이 관찰되지 않았으나, 10 psu에서 낮은 운동성과 짧은 정자 운동지속시간을 보였다. 그러나 20, 32 psu에서는 높은 운동성과 긴 정자 운동지속시간 보였다. BFW와 BSW 정자의 SAI는 이온의 종류와는 상관없이 삼투질농도에 의존하여 변화하였으며, 인공해수와 비슷한 농도에서 높았다. 결론적으로 장기간 담수에서 사육한 감성돔의 정자의 운동개시요인은 환경수의 삼투질농도가 좌우하는 것으로 판단된다.

## 서론

최근 한국의 양식산업은 종묘생산 및 양성기술의 발달로 인해 종묘생산부터 양성까지 이루어지던 일련의 양식과정에서 종묘만 생산하는 종묘생산 사업장과 종묘를 구입하여 양

성만 하는 양성 사업장으로 분화되고 있다. 또한 일부 종묘 생산 사업장에서는 친어의 사육환경을 조절하면서 연중 수정란을 생산하여 판매하는 곳이 다수 나타나고 있다. 이처럼 양식과정의 분업화로 인해 종묘생산 사업장에서는 종묘의 계획적 또는 연중생산을 위한 친어의 성숙·산란제어 기술 개발 및 양질의 수정란 확보를 위한 연구가 요구되고 있는 실정이다. 어류의 종묘생산에 있어서 많은 연구자들은 정자의 운동성과 수정능력 사이에 밀접한 상관관계가 있는 것으

\* 교신저자: 부산시 남구 용소로 45 부경대학교 수산과학대학 해양바이오신소재학과. (우) 608-737, (전) 051-629-5915, E-mail: yjchang@pknu.ac.kr

로 평가하고 있으며(Lahnsteiner et al., 1996; Chang et al., 1999a; Kho, 2007), 경골어류에서 정자의 운동성은 정액의 질과 정자의 생존능력을 평가하는 데 중요한 요인이 되고 있다. 또한 정자의 운동성 외에도 정자의 생리·생화학적 기구에 관한 지식은 종묘생산에 있어서 보다 안정적이고 효과적인 인공수정을 위한 기반 정보가 된다.

체외수정을 하는 어류의 정자는 정소 내에서는 운동성이 억제되어 있다가 방정이 이루어지면서 환경수의 삼투질농도, 이온농도, pH 등의 물리·화학적 요인에 의해 운동성을 획득하는 것으로 알려져 있다. 어류의 정자운동 조절기구 또는 메커니즘에 대해서는 연어과 어류에서 세포막의  $K^+$  channel 과, 정자 외부에 존재하는  $Ca^{2+}$ 의 세포내 유입으로 축적된 cAMP에 의해 운동성이 개시되는 것으로 밝혀지고 있다(Kho et al., 2001, 2003, 2004). 또한 해수어류와 담수어류의 정자는 각각 고삼투질과 저삼투질 조건에서 물리적인 자극에 의해 정자의 운동이 개시되는 것으로 알려지고 있지만 아직 이를 뒷받침할 수 있는 실험적 자료는 부족한 실정이다.

감성돔 *Acanthopagrus schlegelii*은 수온 및 염분 등 환경 변화에 적응력이 강한 광염성 어종으로 이 어종의 우수한 삼투압조절 능력을 이용한 담수양식기법이 개발되어(Min et al., 2003), 해수와 담수에서 생산할 수 있는 새로운 양식자원으로 등장하고 있다. 그러나 감성돔이 담수에 완전히 적응하여 성장과 생체활성이 우수하다고 하더라도, 환경수의 염분변화는 배우자(정자, 알)의 질 및 특성 등에 영향을 미칠 수 있다. 또한 담수 및 저염분에서 양식 중이던 감성돔이 강, 댐 및 호수 등 담수생태계로 유출되었을 때, 자연번식 가능성을 타진하기 위한 배우자의 담수환경 적응능력을 조사할 필요가 있다. 따라서 본 연구는 장기간 담수에서 순화사육한 감성돔(BFW)의 정액특성과 염분 및 이온조성에 따른 정자 운동성을 해수사육 감성돔(BSW)과 비교·분석하여 BFW 정액을 이용한 종묘생산 및 번식 가능성에 관한 기초자료를 조사하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험어 및 담수순화

해수 및 담수순환여과수조에서 장기간 실내 사육한 3년생 감성돔을 실험재료로 사용하였다(Table 1).

**Table 1. Average total length, body height and body weight of fish for the experiment**

Fish	Total length (cm)	Body height (cm)	Body weight (g)	Number of fish
BFW	26.8±1.9	9.8±0.7	347.6±115.3	15
BSW	28.1±1.9	9.7±0.7	324.7± 92.3	15

BFW: black porgy reared in freshwater, BSW: black porgy reared in seawater.

BFW는 Min et al.(2003)의 담수순화 방법을 이용하여 해수(32 psu)에서 사육 중인 감성돔을 10 psu의 저염분에서 24 시간 동안 안정시킨 후, 완전담수(0 psu)로 옮겨 사육하였다. 이러한 방법으로 담수순화시킨 감성돔을 2년 이상 담수순환 여과수조에서 사육한 다음 실험에 사용하였다.

### 2. 채정 및 분석

실험어로부터 정액을 채취하기 이전에 배설물에 의한 정액 오염을 방지하기 위하여 채정 24시간 전부터 절식시켰으며, 실험어를 200 ppm 2-phenoxyethanol로 마취한 다음 복부를 부드럽게 압박하여 채정하였다. 이렇게 채취한 정액을 원심분리(4℃, 12,000 rpm, 20분)하였으며, 원심분리하여 얻은 정장은 분석 전까지 초저온 냉동고(-80℃)에 보관하였다.

정장의  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Cl^-$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ , glucose 및 total protein(TP) 농도는 건식임상화학자동분석장치(Fuji Dri-chem 3500i, Japan)를 이용하여 분석하였으며, pH와 삼투질농도는 각각 pH 측정기(DE/Docu-pH plus, Sartorius, USA)와 삼투질농도 측정기(Vapro 5520, WESCOR Co., USA)로 분석하였다.

### 3. 염분 및 이온조성에 따른 정자운동성

실험어로부터 채취한 정자의 염분별 운동성을 측정하기 위하여 정액을 인공해수(32 psu; NaCl 27 g, KCl 0.7 g,  $CaCl_2$  1.2 g,  $MgCl_2$  4.6 g,  $NaHCO_3$  0.5 g, 증류수 1,000 ml)와 증류수(0 psu)를 이용하여 조성한 각각의 염분수(0, 10, 20 및 32 psu)에 1:100의 비율로 희석한 다음 광학현미경으로 관찰하였다. 정자의 운동성은 Table 2의 운동지수에 따라 점수를 부여하고 각각의 운동점수와 운동정자의 비율에 따라 Strüssmann et al.(1994)의 방법을 변형하여 정자활성지수(sperm activity index, SAI)를 계산하여 나타내었다. 또한  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  및  $Mg^{2+}$  등 희석액의 양이온조성에 따른 정자

**Table 2. Numerical index for the evaluation of sperm activity index (SAI)**

Index	Score	Motility characteristics
I	3	Sperm display forward movement rapidly
II	2	Sperm display forward movement slowly
III	1	Sperm display forward movement moderately
IV	0	Immobile sperm

SAI=score×% motile sperm/100.

의 운동성을 평가하기 위하여 정액을 인공해수 조성성분 중 각각의 양이온이 결여된 상태에서 0, 0.5, 1.0 M의 NaCl, KCl, CaCl<sub>2</sub> 및 MgCl<sub>2</sub>를 각각 첨가한 희석액과 1:100의 비율로 희석하여 SAI를 측정하였다. 희석액의 이온조성에 따른 정자운동성 측정에 사용된 각각의 이온농도별 희석액의 pH, 염분 그리고 삼투질 농도는 Table 3에 나타났다.

**4. 통계처리**

모든 측정값은 평균±표준오차로 나타냈으며, 유의차는 SPSS-통계패키지(version 12.0)를 이용하여 independent samples t-test와 one-way ANOVA-test(Duncan's multiple range test)에 의해 검정하였다(p<0.05).

**Table 3. Results of pH, salinity and osmolality measurements in diluents solution of sperm of black porgy *Acanthopagrus schlegelii* reared in freshwater and seawater of sperm activity index used in the experiments**

	Mol	pH	Salinity (psu)	Osmolality (mOsm/kg)
DW		6.79±0.24	0.0±0.0	20± 3.1
ASW		7.73±0.15	32.0±0.0	956± 6.4
NaCl free ASW	0.0	7.49±0.01	7.3±0.6	124± 4.2
	0.5	7.82±0.09	35.0±1.4	1,057±12.0
	1.0	7.65±0.04	61.5±2.1	2,009±26.2
KCl free ASW	0.0	7.82±0.01	31.0±1.0	950± 2.1
	0.5	7.88±0.03	57.0±1.4	1,837± 9.2
	1.0	7.91±0.02	80.0±2.8	2,605±32.5
MgCl <sub>2</sub> free ASW	0.0	7.24±0.00	27.0±0.6	889± 6.0
	0.5	8.05±0.08	80.0±0.0	2,157±17.0
	1.0	8.18±0.06	>100.0	3,650±99.0
CaCl <sub>2</sub> free ASW	0.0	7.99±0.01	31.7±1.5	971±37.4
	0.5	6.30±0.28	91.5±2.1	2,233± 2.1
	1.0	5.68±0.08	>100.0	>4000

DW: distilled water, ASW: artificial seawater.

**결 과**

**1. 정액특성**

해수 및 담수순환여과수조에서 장기간 실내 사육한 3년생 감성돔의 정액을 원심분리하여 얻은 정장의 화학적 특성은 Table 4에서 보는 바와 같다. BFW와 BSW 정장의 Na<sup>+</sup> 농

**Table 4. Biochemical properties in seminal plasma of black porgy *Acanthopagrus schlegelii* reared in freshwater (BFW) and seawater (BSW)**

Component	BFW	BSW
Na <sup>+</sup> (mM/ℓ)	167.7±7.8	177.0± 3.0
K <sup>+</sup> (mM/ℓ)	4.1±0.3	4.6± 0.1
Cl <sup>-</sup> (mM/ℓ)	137.0±2.0	143.3± 5.8
Mg <sup>2+</sup> (mg/ℓ)	0.2±0.0	0.3± 0.1
Ca <sup>2+</sup> (mg/ℓ)	0.1±0.0	1.3± 0.3
Glucose (mg/ℓ)	2.6±0.1	3.1± 0.5
Total protein (mg/ℓ)	10.0±0.0	20.0±10.0
pH	7.0±0.1	7.0± 0.1
Osmolality (mOsm/kg)	307.0±4.6	337.3±10.1*

Asterisk indicates significant differences between BFW and BSW at each seminal plasma component (p<0.05).

도는 각각  $167.7 \pm 7.8$ ,  $177.0 \pm 3.0$  mM/l,  $K^+$  농도는  $4.1 \pm 0.3$ ,  $4.6 \pm 0.1$  mM/l,  $Cl^-$  농도는  $137.0 \pm 2.0$ ,  $143.3 \pm 5.8$  mM/l,  $Mg^{2+}$  농도는  $0.2 \pm 0.0$ ,  $0.3 \pm 0.1$  mg/l,  $Ca^{2+}$  농도는  $1.0 \pm 0.0$ ,  $1.3 \pm 0.3$  mg/l로 각각의 이온농도는 BFW가 BSW 보다 낮았으나, 유의한 차이를 나타내지 않았다( $p > 0.05$ ). BFW와 BSW 정자의 glucose(각각  $2.6 \pm 0.1$ ,  $3.1 \pm 0.5$  mg/l)와 TP(각각  $10.0 \pm 0.0$ ,  $20.0 \pm 10.0$  mg/l) 농도 역시 차이를 나타내지 않았다( $p > 0.05$ ). BFW와 BSW 정자의 pH는 각각  $7.0 \pm 0.1$ ,  $7.0 \pm 0.1$ 로 차이를 보이지 않았으나, 삼투질농도는 각각  $307.0 \pm 4.6$ ,  $337.3 \pm 10.1$  mOsm/kg로 BFW가 BSW보다 유의하게 낮았다( $p < 0.05$ ).

2. 염분 및 이온조성에 따른 정자운동성

희석액의 염분별 BFW와 BSW 정자의 SAI는 Fig. 1에서 보는 바와 같이, 0 psu에 희석한 정자의 SAI는 모두 0으로 정자의 운동성은 관찰되지 않았다. 10 psu에 희석한 BFW와 BSW 정자의 최초 SAI는 각각  $1.00 \pm 0.50$ ,  $0.67 \pm 0.29$ 로 낮

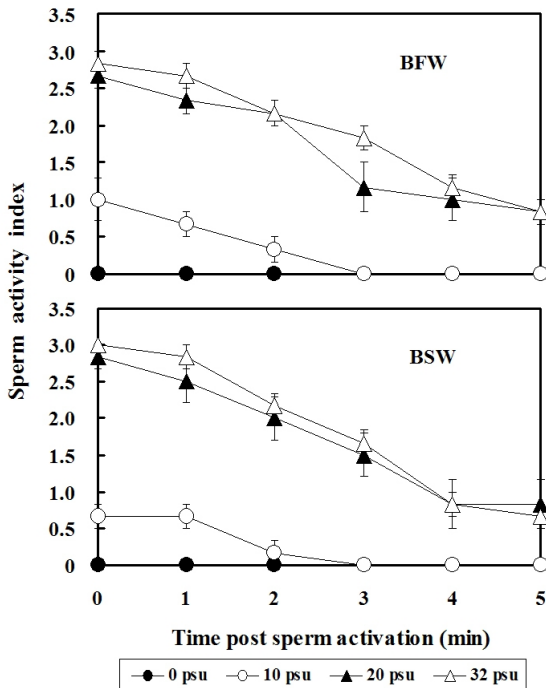


Fig. 1. Sperm activity index and time post sperm activation in black porgy *Acanthopagrus schlegelii* reared in freshwater (BFW) and seawater (BSW) at different salinity concentrations.

은 정자활성을 보였으며, 운동지속시간도 3분 이내로 짧았다. 그러나 20, 32 psu에 희석한 BFW와 BSW 정자의 최초 SAI는 모두 2.5 이상으로 높은 정자활성을 보였으며, 운동지속시간도 5분 이상으로 길었다.

희석액의 이온조성 및 농도에 따른 BFW와 BSW 정자의 SAI는 Fig. 2에서 보는 바와 같다. NaCl 농도별 BFW와 BSW 정자의 SAI는 0.0 M에서는 모두 0, 0.5 M에서는 각각  $2.0 \pm 0.09$ ,  $1.9 \pm 0.22$ , 1.0 M에서  $0.1 \pm 0.11$ ,  $0.1 \pm 0.17$ 로 0.0 M과 1.0 M에서는 정자활성이 관찰되지 않거나 매우 낮은 반면, 0.5 M에서는 다른 농도보다 유의하게 높은 정자활성이 관찰되었다. KCl 농도별 BFW와 BSW 정자의 SAI는 0.0 M에서는 각각  $2.4 \pm 0.35$ ,  $2.3 \pm 0.27$ , 0.5 M에서는  $0.6 \pm 0.22$ ,  $0.6 \pm 0.13$ , 1.0 M에서는 모두 0으로 0.0 M에서는 높은 정자활성이 관찰되었으나, 농도가 증가하면서 정자활성이 급격히 감소하여 1.0 M에서는 정자활성이 관찰되지 않았다.  $MgCl_2$  농도별 BFW와 BSW 정자의 SAI는 0.0 M에서 각각  $2.6 \pm 0.13$ ,  $2.5 \pm 0.00$ , 0.5 M에서는  $0.0 \pm 0.09$ ,  $0.1 \pm 0.11$ , 1.0 M에서는 모두 0으로 0.0 M에서 높은 정자활성이 관찰된 반면, 0.5 M과 1.0 M에서 정자활성은 유의하게 낮거나 정자활성이 관찰되지 않았다.  $CaCl_2$  농도별 BFW와 BSW 정자의

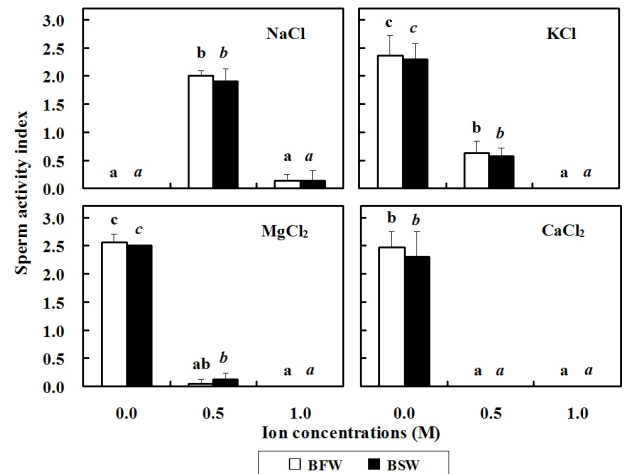


Fig. 2. Sperm activity index in black porgy *Acanthopagrus schlegelii* reared in freshwater (BFW) and seawater (BSW) at different concentrations of NaCl, KCl,  $MgCl_2$  and  $CaCl_2$ . Different small letters indicates significant differences between ion concentrations at each BFW and BSW ( $p < 0.05$ ). Asterisk indicates significant differences between BFW and BSW at each ion concentrations ( $p < 0.05$ ).

SAI는 0.0 M에서 각각  $2.5 \pm 0.29$ ,  $2.3 \pm 0.45$ , 0.5 M과 1.0 M에서는 모두 0으로 0.0 M에서는 높은 정자활성이 관찰된 반면, 0.5 M과 1.0 M에서는 정자활성이 관찰되지 않았다.

## 고 찰

정자와 정장의 물리·화학적 특성에 관한 지식은 어류의 번식 능력을 평가하거나 수정기구를 이해하는 기준이 되며 (De Kruger et al., 1984),  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  및  $\text{Ca}^{2+}$  등과 같은 이온들은 정장의 삼투질농도를 유지하는 데 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다 (Cruca, 1969).

많은 연구자들의 보고에 의하면 해수어류의 정장  $\text{Na}^+$  농도는 감성돔의 경우 169.5 mM/l (Chang et al., 1995), 강도다리 *Platichthys stellatus* 155.0 mM/l (Lim et al., 2007), caspian brown trout *Salmo trutta capius* 159.2 mM/l (Hatef et al., 2007), 말쥐치 *Thamnaconus modestus* 164.0 mM/l (Le et al., 2007)였으며, 담수어류의 정장  $\text{Na}^+$  농도는 금붕어 *Carassius auratus* 96.0 mM/l, 잉어 *Cyprinus carpio* 75.0 mM/l (Morisawa et al., 1983; Morisawa, 1985), 페르시아 철갑상어 *Acipenser persicus* 62.4 mM/l (Alavi et al., 2004), barbel *Barbus barbus* L. 74.3 mM/l (Alavi et al., 2009)로 해수어류의 정장  $\text{Na}^+$  농도는 담수어류의  $\text{Na}^+$  농도보다 높았으며, 본 연구에서 BFW와 BSW의 정장  $\text{Na}^+$  농도는 모두 일반적인 해수어류의 정장  $\text{Na}^+$  농도와 유사하였다. 해수어류의 정장  $\text{K}^+$  농도는 감성돔은 4.9 mM/l (Chang et al., 1995), 강도다리 5.4 mM/l (Lim et al., 2007), 말쥐치 9.8 mM/l (Le et al., 2007), 담수어류의 정장  $\text{K}^+$  농도는 금붕어 70.2 mM/l, 잉어 82.4 mM/l (Morisawa et al., 1983; Morisawa, 1985), barbel 85.6 mM/l (Alavi et al., 2009)로, 본 연구에서 BFW와 BSW의 정장  $\text{K}^+$  농도는 해수어류의 정장  $\text{K}^+$  농도와 유사하였다. 또한 해수어류의 정장  $\text{Cl}^-$  농도는 감성돔은 156.0 mM/l (Chang et al., 1995), caspian brown trout 133.0 mM/l (Hatef et al., 2007), 말쥐치 151.0 mM/l (Le et al., 2007), 담수어류의 정장  $\text{Cl}^-$  농도는 금붕어와 잉어는 30~40 mM/l (Morisawa et al., 1983; Morisawa, 1985), 페르시아 철갑상어 21.1 mM/l (Alavi et al., 2004)로 본 연구에서 BFW와 BSW의 정장  $\text{Cl}^-$  농도 역시 일반적인 해수어류의 정장  $\text{Cl}^-$  농도와 유사하였다. 본 연구에서 BFW와 BSW의 정장  $\text{Mg}^{2+}$  농도는 각각  $0.2 \pm 0.0$ ,  $0.3 \pm 0.1$  mg/l,  $\text{Ca}^{2+}$

농도는  $1.0 \pm 0.0$ ,  $1.3 \pm 0.3$  mg/l로 BFW가 BSW 보다 낮았으나, 유의한 차이는 없었다. 어류 정장의 화학성분 중 TP의 역할에 관해서는 구체적으로 밝혀진 바가 없으나, 정장의 삼투질농도를 유지하는 역할을 하는 것으로 추정되고 있다 (De Kruger et al., 1984). 본 연구에서 BFW와 BSW의 정장 TP 농도는 각각  $10.0 \pm 0.0$ ,  $20.0 \pm 10.0$  mg/l로 차이를 보이지 않았으며, glucose, pH 역시 차이를 나타내지 않았다.

한편, 해수어류의 정장 삼투질농도는 감성돔의 경우 382.0 mOsm/kg (Chang et al., 1995), 강도다리 337.0 mOsm/kg (Lim et al., 2007), 말쥐치 322.8 mOsm/kg (Le et al., 2007)이었으며, 담수어류의 정장 삼투질농도의 경우 금붕어 317 mOsm/kg, 잉어 302 mOsm/kg (Morisawa et al., 1983; Morisawa, 1985), 페르시아 철갑상어 82.6 mOsm/kg (Alavi et al., 2004), barbel 273.9 mOsm/kg (Alavi et al., 2009)로 해수어류가 담수어류보다 삼투질농도가 높았다. Chang et al. (1999b)은 해수어류인 황복 *Takifugu obscurus* 정장의 삼투질농도의 경우 평상시에는 연근해에서 서식하다가 번식시기에는 하천의 중상류까지 거슬러 올라가므로 번식시기의 정장 삼투질농도는 환경수의 영향에 의해 담수어류의 정장 삼투질농도와 비슷해진 것으로 추정하였다. 본 연구에서 BFW와 BSW 정장의 삼투질농도는 각각  $307.0 \pm 4.6$ ,  $337.3 \pm 10.1$  mOsm/kg으로 BFW가 BSW 보다 낮았으며, BSW 정장의 삼투질농도는 해수어류, BFW 정장의 삼투질농도는 담수어류의 삼투질농도와 유사하였다. 이와 같이 BFW와 BSW 정장의 삼투질농도가 유의한 차이를 보인 원인은 유의한 차이를 보이지 않았던 이온 농도들이 복합적으로 작용하여 영향을 준 것으로 판단된다. 따라서 사육수의 염분이 감성돔 정장의 화학적 특성에 영향을 미친 것으로 추정된다.

Haddy & Pankhurst (2000)의 연구에 의하면 black bream *Acanthopagrus butcheri*의 정자는 5 psu에서 운동성이 관찰되지 않았으며, 20, 35 psu에서는 강렬한 운동성을 보였다고 하였다. 이와 같은 결과는 다른 *Acanthopagrus* 속 외에도 다른 경골어류에서도 보고되고 있다 (Harris, 1986; Thorogood & Blackshaw, 1992; Palmer et al., 1994; Litvak & Trippel, 1998). 또한 Palmer et al. (1994)의 연구에 의하면 pikey bream *Acanthopagrus berda*의 정자운동성은 25~35 psu에서 가장 활성이 좋았으며, 15 psu에서 정자의 운동지속시간이 가장 길었다고 보고하였다. Gwo (1995)는 감성돔 정자가 인공해수에 활성화되면 5분 이내에 자신의 에너지를 대부분 소진

한다고 하였다. 본 연구의 결과 역시 0 psu에 희석한 BFW와 BSW 정자는 모두 운동성이 관찰되지 않았으며, 10 psu에 희석한 BFW와 BSW 정자는 낮은 운동성과 짧은 운동지속 시간을 보였다. 반면, 20, 32 psu에 희석한 BFW와 BSW 정자는 강력한 운동성과 5분의 운동지속시간이 관찰되었다. 이상의 결과로, 염분에 따른 BFW와 BSW 정자의 운동성 및 운동지속시간은 차이를 보이지 않아, 감성돔 어미의 사육수 염분변화가 배우자인 정자의 활성화에 미치는 영향은 매우 미약한 것으로 판단된다.

일반적으로 담수어류의 정자는 정장보다 삼투질농도가 낮은 저장액에서, 이와 반대로 해수어류의 정자는 정장보다 삼투질농도가 높은 고장액에서 운동성이 개시되는 것으로 알려져 있다(Morasawa & Suzuki, 1980). 이렇게 희석액의 삼투질농도는 정자의 운동개시에 직접적으로 영향을 미치는 중요한 요인으로 작용하며(Cosson, 2004; Morita et al., 2006), 정자의 운동성, 속도 및 운동지속시간 등과 관련된 최적의 삼투질농도는 종마다 차이를 보인다. 이러한 차이는 정장의 이온조성과 삼투질농도, 번식기간에 정자의 방출시기 및 정자 방출에 영향을 미치는 환경요인 등과 관련이 있을 수 있다(Suquet et al., 1994; Billard et al., 1995; Alavi and Cosson, 2006; Alavi et al., 2008). 또한 해수와 담수를 오가는 연어과 어류는 정장에 높은 농도의  $K^+$  이온이 함유되어 있어 정자의 운동을 억제하지만,  $K^+$  이온농도가 상대적으로 낮은 담수나 인위적으로  $K^+$  이온농도를 결여시킨 용액에 희석하면 정자의 운동이 개시된다고 하였다(Morisawa et al., 1983). Krasznai et al.(2000)은  $Ca^{2+}$  이온이 결여된 용액에 희석한 잉어 정자는 운동성이 없었으나,  $Ca^{2+}$  이온이 유입되자 정자운동이 개시되었다고 하였다. 본 연구에서  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$  및  $Ca^{2+}$  이온조성에 따른 BFW와 BSW 정자의 운동성을 측정할 결과, 이온의 종류와 상관없이 BFW와 BSW 정자 모두 인공해수와 삼투질농도(956 mOsm/kg)가 비슷한 각각의 이온농도에서 정자활성이 높았다. 이로써 BFW 정자는 희석액의 이온농도에 의해 운동성이 개시되는 일반적인 담수어류의 정자와 달리, BSW 정자와 마찬가지로 희석액의 삼투질농도가 정자의 운동개시에 중요한 요인인 것을 알 수 있었다.

이상의 결과를 종합해 보면, 장기간 담수순화 사육한 감성돔 어미의 사육수 염분은 정액의 화학적 특성에 영향을 미치나, 어미로부터 방출된 정자의 활성화에는 영향을 미치지 않는

것으로 나타났다. 또한 장기간 담수에서 사육한 감성돔으로부터 방출된 정자라 할지라도 정자운동개시 요인은 환경수의 이온조성 및 농도가 아닌 삼투질농도에 의해 이루어지는 것으로 보인다. 따라서 담수에서 장기간 사육한 감성돔이라 할지라도 담수에서는 정자가 운동성을 얻지 못하기 때문에 담수환경에서의 자연번식 가능성은 전혀 없을 것으로 인정된다.

## 감사의 글

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(과제번호: R01-2004-000-10251-0) 지원으로 수행되었습니다.

## 인용문헌

- Alavi SMH, Cosson J (2006) Sperm motility in fishes: (II) Effects of ions and osmolality. *Cell Biol Int* 30:1-14.
- Alavi SMH, Cosson J, Karami M, Mojazi Amiri B, Akhoundzadeh MA (2004) Spermatozoa motility in the persian sturgeon, *Acipenser persicus*: effects of pH, dilution rate, ions and osmolality. *Reproduction* 128: 819-828.
- Alavi SMH, Psenicka M, Rodina M, Policar T, Linhart O (2008) Changes of sperm morphology, volume, density and motility and seminal plasma composition in *Barbus barbus* (Teleostei: Cyprinidae) during the reproductive season. *Aquat Living Resour* 21:75-80.
- Alavi SMH, Rodina M, Policar T, Linhart O (2009) Relationship between semen characteristics and body size in *Barbus barbus* L. (Teleostei: Cyprinidae) and effects of ions and osmolality on sperm motility. *Comp Biochem Physiol A* 153:430-437.
- Billard R, Cosson J, Percec G, Linhart O (1995) Biology of sperm and artificial reproduction in carp. *Aquaculture* 124:95-112.
- Chang YJ, Choi YH, Lim HK, Kho KH (1999a) Milt property and sperm motility of grey mullet (*Mugil cephalus*). *J Kor Fish Soc* 32:238-241.
- Chang YJ, Lim HK, Chang YJ, Kim HS, Huh HT (1999b)

- Physico-chemical properties and cold storage of river puffer (*Takifugu obscurus*) milt. J Kor Fish Soc 32: 243-246.
- Chang YJ, Lim HK, Kho KH (1995) Properties of semen and sperm motility in black porgy *Acanthopagrus schlegeli*. J Aquacult 8:149-157.
- Cosson J (2004) The ionic and osmotic factors controlling motility of fish spermatozoa. Aquac Int 12:69-85.
- Cruca DD (1969) Some chemical and physical characteristics of fish sperm. Trans Ame Fish Soc 4:785-788.
- De Kruger JC, Smit GL, Van Vuren JHJ, Ferreira JT (1984) Some chemical and physical characteristics of the semen of *Cyprinus carpio* L. and *Oreochromis mossambicus* (Peters). J Fish Biol 24:263-272.
- Gwo JC (1995) Ultrastructural study of osmolality effect on sperm of three marine teleosts. In: Goetz FW, Thomas P. Eds., Reproductive Physiology of Fish 1995. Fish Symposium 1995, Austin pp119.
- Haddy JA, Pankhurst NW (2000) The effects of salinity on reproductive development, plasma steroid levels, fertilisation and egg survival in black bream *Acanthopagrus butcheri*. Aquaculture 112:363-377.
- Harris JH (1986) Reproduction of the Australian bass *Macquaria noiemaculeata* (Perciformes: Percichthyidae) in the Sydney basin. Aust J Mar Freshwater Res 37: 209-235.
- Hatef A, Niksirat H, Amiri BM, Alavi SMH, Karami M (2007) Sperm density, seminal plasma composition and their physiological relationship in the endangered caspian brown trout *Salmo trutta caspius*. Aquacult Res 38: 1175-1181.
- Kho KH (2007) Milt property and sperm motility of panther puffer, *Takifugu pardalis*. Kor J Ichthyol 19: 168-172.
- Kho KH, Morisawa M, Choi KS (2003) Membrane hyperpolarization increases cAMP to induce the initiation of sperm motility in salmonid fishes, rainbow trout and masu salmon. J Micro Biotech 13:833-840.
- Kho KH, Morisawa M, Choi KS (2004) The role of Ca<sup>2+</sup> and calmodulin on the initiation of sperm motility in salmonid fishes. J Micro Biotech 14:456-465.
- Kho KH, Tanimoto S, Inaba K, Oka Y, Morisawa M (2001) Transmembrane cell signaling for the initiation of trout sperm motility: Roles of ion channels and membrane hyperpolarization for cyclic AMP synthesis. Zool Sci 18:919-928.
- Krasznai Z, Marian T, Izumi H, Damjanovich S, Balkay L, Tron L, Morisawa M (2000) Membrane hyperpolarization removes inactivation of Ca<sup>2+</sup> channels leading to Ca<sup>2+</sup> influx and initiation of sperm motility in the common carp. Proc Natl Acad Sci 97:2052-2067.
- Lahnsteiner F, Berger B, Weismann T, Patzner RA (1996) Motility of spermatozoa of *Alburnus alburnus* (Cyprinidae) and its relationship to seminal plasma composition and sperm metabolism. Fish Physiol Biochem 15:167-179.
- Le MH, Lim HK, Min BH, Kim SY, Chang YJ (2007) Milt properties and spermatozoa structure of filefish *Thamnaconus modestus*. Dev Reprod 11:227-233.
- Lim HK, Byun SG, Lee JH, Park SU, Kim YC, Han HK, Min BH, Lee BY (2007) Sexual maturity and reproductive cycle of starry flounder *Platichthys stellatus* cultured in indoor tank. J Aquacult 20:212-218.
- Litvak MK, Trippel EA (1998) Sperm motility patterns of atlantic cod (*Gadus morhua*) in relation to salinity: effects of ovarian fluid and egg presence. Can J Fish Aquat Sci 55:1871-1877.
- Min BH, Kim BK, Hur JW, Bang IC, Byun SK, Choi CY, Chang YJ (2003) Physiological responses during freshwater acclimation of seawater-cultured black porgy (*Acanthopagrus schlegeli*). Kor J Ichthyol 15:265-275.
- Morisawa M (1985) Initiation mechanism of sperm motility at spawning in teleosts. Zool Sci 2:605-615.
- Morisawa M, Suzuki K (1980) Osmolality and potassium ion: Their roles in initiation of sperm motility in teleosts. Science 210:1145-1146.
- Morisawa M, Suzuki K, Shimizu H, Morisawa S, Yasuda K (1983) Effects of osmolarity and potassium on motility of spermatozoa from freshwater cyprinid fishes. J Exp

- Biol 107:95-103.
- Morita M, Okuno M, Susilo ES, Setyo BP, Martarini D, Harnadi L, Takemura A (2006) Changes in sperm motility in response to osmolality /  $Ca^{2+}$  in three Indonesian fresh water teleosts: goby (*Oxyeleotris marmorata*), Java carp (*Puntius javanicus*), and catfish (*Clarias batrachus*). Comp Biochem Physiol A 143:361-367.
- Palmer PJ, Hogan AE, Barlow CG (1994) Chilled storage of pike bream *Acanthopagrus berda* sperm and activation in different salinities. Asian Fish Sci 7:35-40.
- Strüssmann CA, Renard P, Ling H, Takashima F (1994) Motility of pejerrey *Odontesthes bonariensis* spermatozoa. Fish Sci 60:9-13.
- Suquet M, Billard R, Cosson J, Dorange G, Chauvaud L, Mugnir C, Fauvel C (1994) Sperm features in turbot (*Scophthalmus maximus*): a comparison with other freshwater and marine fish species. Aquat Living Resour 7:283-294.
- Thorogood J, Blackshaw A (1992) Factors affecting the activation, motility and cryopreservation of the spermatozoa of the yellowfin bream, *Acanthopagrus australis* (Günther). Aquacult Fish Manage 23:337-344.
- 
- (Received 17 February 2011, Received in revised form 3 March 2011, Accepted 4 April 2011)