

조피볼락(*Sebastes schlegeli*)의 성숙에 따른 간세포 활성과 간 및 근육의 단백질·총 RNA 함량변화

정의영·장영진*·이근광**

군산대학교 해양자원육성학과 **수족병리학과 ·*부산수산대학교 양식학과

Activities of Hepatocytes and Changes of Protein and Total RNA Contents in Liver and Muscle of *Sebastes schlegeli* with the Gonadal Maturation

Ee-Yung CHUNG, Young Jin CHANG* and Keun-Kwang LEE**

Department of Marine Living Resources and **Department of Fish Pathology,

Kunsan National University, Kunsan 573-360, Korea

*Department of Aquaculture, National Fisheries University of Pusan,

Pusan 608-737, Korea

Studies on activities of hepatocytes and changes of protein and total RNA contents in liver and muscle tissues associated with the gonadal maturation were performed using the adult rockfish, *Sebastes schlegeli* collected monthly from the adjacent waters at Poryong, Chungnam, Korea.

Hepatosomatic index (HSI) of female increased from September and reached the maximum value (2.58) in February (growing stage of ovary). HSI of male began to increase from October (early maturation stage) and revealed the maximum value (3.20) in April (recovery stage).

During the period of yolk formation in oocyte, the amount of glycogen particles and lipids in the hepatocytes of female gradually decreased, but total RNA contents increased. In the hepatocytes of male, a number of lipid droplets remained until the mature stage of testis.

With the gonadal development of both sexes, granular endoplasmic reticula (Er) became abundant in the hepatocyte. These Ers might be supposed to have the leading role for the syntheses of protein and vitellogenin in the cytoplasm of the hepatocytes.

Protein and total RNA contents in the liver and muscle tissues of female began to increase from January (growing stage) and reached the maximum value in early April (maturation stage), and then decreased in late April (gestation stage). In male, their contents began to increase from October (early maturation stage), thereafter reached the maximum value in December (maturation and copulation stage), and decreased in January (degeneration stage).

Key words : rockfish, maturation, liver, hepatocyte, protein, RNA, electron microscopy

서 론

난태생 어류인 조피볼락(*Sebastes schlegeli*)은 최근 인공 종묘생산이 가능해짐에 따라(Yang et al., 1993), 우리나라의 남·서해안에서 매우 유망한 양식어종 중의 하나로 등장하고 있다. 이와 같이 조피볼락의 양

식생산에 있어 종묘생산은 원료공급 차원에서 크게 이바지하고 있기는 하나, 출산후 자어의 초기 대량폐사가 자주 발생하고 해에 따라 종묘의 생산량이 서로 큰 차이를 보이는 등 안정된 종묘생산 방법이 확립되어 있다고는 할 수 없다. 종묘의 안정적 생산을 위하여는 어미의 성숙과정에 관한 많은 정보가 우선적

이 논문은 1993년도 교육부 학술연구조성비(해양·수산과학분야)에 의하여 연구되었음.

으로 필요하지만, 아직까지 이에 대한 기초지식이 부족한 실정이다.

조피볼락 어미의 성숙 및 출산에 관한 연구로는 번식생태(Kusakari et al., 1977; 1979) 및 생식년주기에 따른 성 스테로이드 호르몬의 변화(Baik, 1993)가 보고되어 있다. 일반적으로 어류의 성숙시기 간은 난소의 estrogen 자극에 의해 난황형성 전구물질을 합성 분비함으로써, 난소란의 난황 단백질 형성에 매우 중요한 역할을 하고 있는 것으로 알려져 있다(Stanchfield and Yager, 1980). 따라서 성숙시기 난소와 간의 기능에 관한 상관관계는 난 발달 및 자어발생을 좌우하는 열쇠일 수도 있다. 어류 간세포내의 지방, 글리코겐, 단백질, 총 RNA 함량은 성숙 및 섭식률에 따라 변화하는 것(Pickford, 1953)으로 알려지고 있으며, 최근에는 생식소 발달에 따라 근육조직내의 단백질 및 총 RNA 함량도 변화하고 있음이 보고되고 있다(Chung et al., 1991a, b; 1992). 지금까지 어류의 간세포내 물질축적 및 분비활성에 관한 연구는 주로 광학현미경에 의한 것으로, 생식소 발달에 따른 간세포의 미세구조 및 활성을 전자현미경적 수준에서 연구한 예는 드물다(Yamamoto, 1964; Kitada and Takagi, 1965; Ishii and Yamamoto, 1970; Aida et al., 1973; Chung et al., 1986; 1991a, b, 1992). 더욱이, 조피볼락과 같은 난태생 어류의 생식소 성숙에 따른 간조직의 미세구조와 간 및 근육조직내의 축적물질의 함량변화에 관하여는 아직 밝혀진 바 없다.

따라서, 본 연구에서는 조피볼락의 간중량지수와 간세포내의 물질축적 및 분비활성의 변화가 생식소의 발달과 어떠한 상관관계를 갖는지를 조사하고, 아울러 생식소 발달에 따른 근육조직내의 단백질 및 총 RNA 함량의 변화를 조사하였다.

재료 및 방법

본 연구에 사용된 재료는 1993년 9월부터 1994년 8월까지 충남 보령군 웅천면 수역에서 낚시로 채집한 조피볼락 성어로서, 채집후 연구실로 운반하여 실험에 사용하였다.

1. 간중량지수(hepatosomatic index, HSI)

매일 채집한 재료의 복부를 절개한 다음, 간을 적출하여 간중량×100/체중에 의해 HSI를 구하였다.

2. 간세포의 활성화

생식소의 발달단계에 따른 간세포의 미세구조를 관찰하기 위하여, 조피볼락의 간조직을 해부현미경 아래에서 잘게 절단한 후, 2.5% paraformaldehyde-2% glutaraldehyde(pH 7.5) 고정액에 2시간 전고정하였다. 이후 0.1 M phosphate buffer(pH 7.5, glucose CaCl₂ 포함)에 20분 간격으로 3회 세척하고, 2% osmium tetroxide와 0.1 M phosphate를 1:1의 비율로 혼합한 용액에서 90분간 후고정하였다. 고정이 끝난 조직재료는 에탄올로 탈수하고 propylene oxide로 치환한 다음, araldite 혼합액에 포매하였다. 포매된 재료는 LKB ultramicrotome으로 절단한 후, uranyl acetate 및 lead citrate로 염색하여 투과형 전자현미경(JEM 100 CX-II, 80 KV)으로 관찰하였다.

3. 단백질 및 총 RNA 정량

어체의 간과 근육에 존재하는 단백질과 총 RNA를 분석 정량하기 위하여, 살아있는 조피볼락의 간 및 등 근육을 1g씩 절취한 다음, 같은 양의 phosphate buffer(pH 7.2)와 혼합하여 유리균질기(4℃)로 조직을 균질화하였다. 이후 초음파 분쇄기(Braun-Sonic 1510, 200 W)로 세포를 완전히 파괴한 다음, 3000g로 10분간 원심분리하여 얻은 상층액을 단백질과 총 RNA 정량에 사용하였다.

1) 단백질

단백질 정량은 Lowry et al.(1951)의 방법을 변형하여 실시하였으며, 표준 단백질로서 0.01% bovine serum albumin의 흡광도를 측정하여 표준곡선을 작성하고, 시료의 단백질 흡광도를 측정한 다음, 표준곡선과 비교하여 함량을 계산하였다. 각 시료의 흡광도는 spectrophotometer(UV-120-02, Shimadzu)를 사용하여 660 nm에서 측정하였다.

2) 총 RNA

총 RNA는 Schneider(1957)의 방법에 의해 측정하였다.

결과 및 고찰

1. 월별 HSI의 변화

조피볼락 암컷의 HSI는 9월부터 높아지기 시작하여 성장기인 2월에 최대값(2.58)에 달하였다. 이후 3월(성숙기)부터 5월(출산기) 사이에 낮아졌다가 8월(회복기)까지 다시 높아지는 경향을 보였다. 수컷의 HSI는 10월(초기 성숙기)부터 높아지기 시작하여, 이듬해 4월(회복기)에 최대값(3.20)을 나타냈다. 이후, HSI는 5월에 급격히 낮아지나, 6월부터 다시 높아지기 시작하였다(Fig. 1).

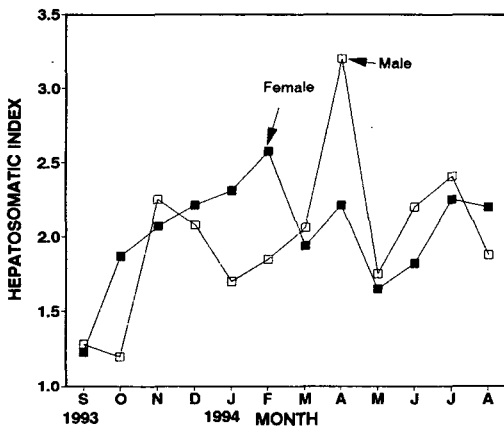


Fig. 1. Monthly changes of the mean hepatosomatic index (hepatic weight \times 100/body weight) from September 1993 to August 1994.

2. 생식소의 발달단계에 따른 간세포의 활성변화 암컷

조피볼락 암컷의 난소발달 단계에 따른 간세포 활성의 변화를 전자현미경상으로 관찰하여 보면, 출산이 끝나는 5월말부터 난소가 회복기에 속하는 10월 초순까지의 간세포는 분산된 인을 가지며 외형이 점차 원형을 이루는 핵과 다량의 지방적, 글리코겐 입자, 미토콘드리아 및 극소수의 조면소포체를 포함한 세포질을 가지고 있어, 간세포의 활성이 점차 회복되고 있음을 알 수 있었다(Fig. 2A). 난소가 성장기에 달하는 12월초(HSI 2.34)의 간세포에는 외형이 타원형을 이룬 핵속에 전자밀도가 매우 높고 뚜렷한 인이 관찰되며, 세포질내에는 점차 발달중에 있는 소수의 조면소포체와 미토콘드리아 그리고 다량의 지방적과 글리코겐 입자들이 관찰되었다(Fig. 2B). 특히, 난소가 성장

기중에 있는 1월(HSI 2.31)의 간세포에서는 소량의 지방적과 다량의 조면소포체가 출현하고 있어, 이 시기에 단백질 함량이 점차 증가되는 것을 알 수 있었다(Fig. 2C). 성숙 및 임신기인 4월초에 간세포(HSI 1.20)의 핵은 점차 커지면서 세포질내의 지방적들과 글리코겐 입자들은 양적으로 크게 감소되었다. 그러나 조면소포체들이 넓게 확장되며, 미토콘드리아들도 다수 관찰되고 있어, 이 시기에 세포활성이 가장 활발하였음을 알 수 있었다(Fig. 2D). 간세포의 관찰조건에 따라 이 시기에 단백질 함량이 최대값에 달하며, 간세포는 단백질 합성과 난황전구 물질의 형성에 주된 역할을 하는 것으로 간주된다. 출산기인 5월 하순에 출산개체의 간세포(HSI 1.85)에서도 소량의 지방적 및 다량의 글리코겐 입자들과 다수의 미토콘드리아들이 나타나기 시작하였지만, 조면소포체는 극히 감소되어 나타나고 있다(Fig. 2E). 따라서 이 시기에는 단백질 함량과 총 RNA 함량이 감소되리라 생각된다.

수컷

조피볼락 수컷의 정소발달 단계에 따른 간세포의 미세구조를 보면, 초기 성숙기에 해당하는 10월 초순의 간세포(HSI 1.37)의 핵은 부정형의 외형을 갖추나, 세포질내에는 다량의 조면소포체, 글리코겐 입자 및 지방적들이 나타났다. 따라서 이 시기에는 단백질 함량이 증가되리라 생각된다(Fig. 3A). 성숙기 및 교미기에 속하는 12월초(HSI 2.06)에도 성숙기에서와 같이 원형에 가까운 뚜렷한 핵과 잘 발달된 지방적과 조면소포체가 출현함으로써, 간세포의 활성이 가장 높음을 알 수 있었다. 그러므로, 이 시기는 단백질이 양적으로 가장 많이 증가되는 시기로 간주된다(Fig. 3B). 그러나 교미후 정소가 퇴화되는 1월 초순에는 HSI 1.71인 개체의 경우, 지방적과 글리코겐 입자들이 증가되는 반면, 미토콘드리아와 소포체의 수가 격감되었는데, 이 시기에 간세포내 단백질 함량이 감소함을 암시해 주고있다(Fig. 3C). 이후 회복기를 맞는 4월(HSI 3.20)이 되면, 간세포내 지방적과 글리코겐의 함량이 많아지면서, 미토콘드리아의 수 및 조면소포체의 양이 서서히 증가되기 시작하는 것으로 보아, 이 시기에는 간내에 다시 영양 물질이 축적되는 것으로 판단된다(Fig. 3D).

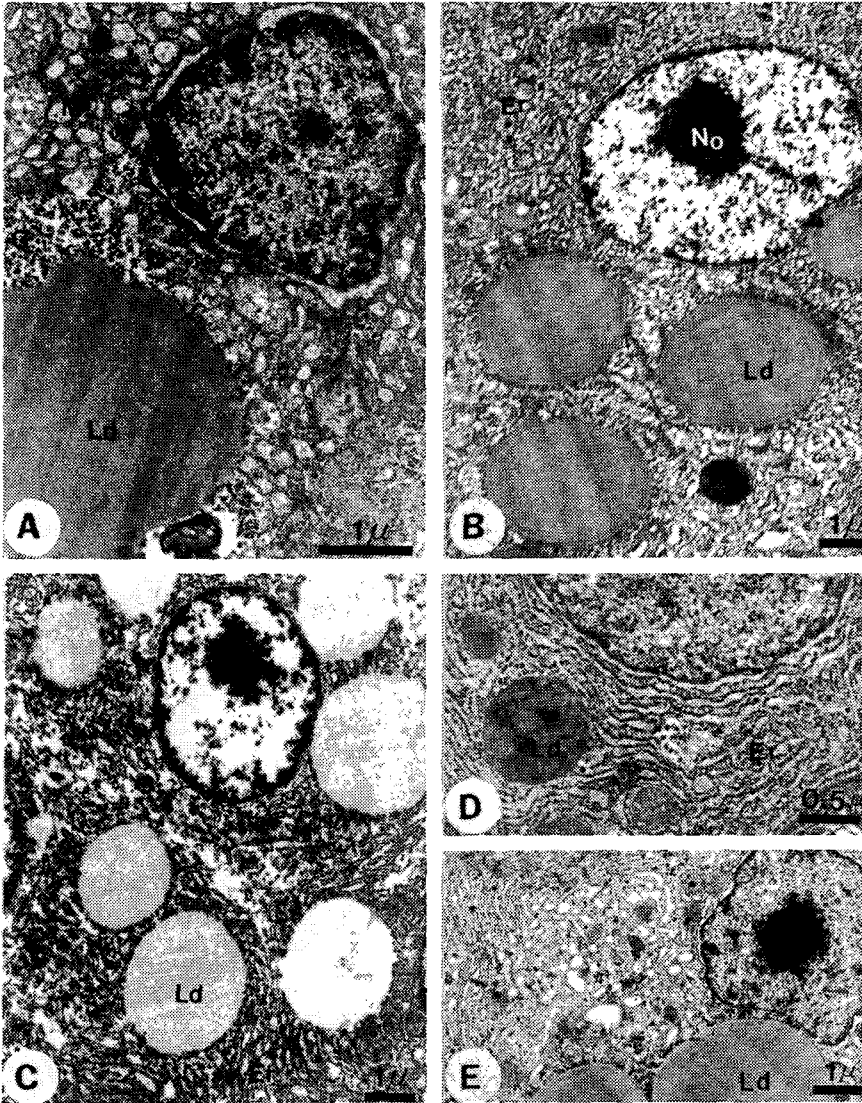


Fig. 2. Electron micrographs of hepatocytes in female *Sebastes schlegelii*.

A: A hepatocyte in recovery stage of ovary (October). Note mitochondria (M), large lipid droplet (Ld), glycogen particles (G) in the cytoplasm. B: A hepatocyte in growing stage (December). Note a prominent nucleolus (No) in the nucleus, and well-developed endoplasmic reticula (Er), mitochondria, a large quantity of lipid droplets (Ld) in the perinuclear cytoplasm. C: A hepatocyte in growing stage (January). Note well-developed endoplasmic reticula (Er) and small lipid droplets (Ld) in the cytoplasm. D: A hepatocyte in maturation and gestation stage (April). Note well-developed endoplasmic reticula (Er) with the stacks of flattened cisternae and small quantity of lipid droplets (Ld). E: A hepatocyte in parturition stage (May). Note poorly developed granular endoplasmic reticula and large lipid droplets (Ld) in the cytoplasm.

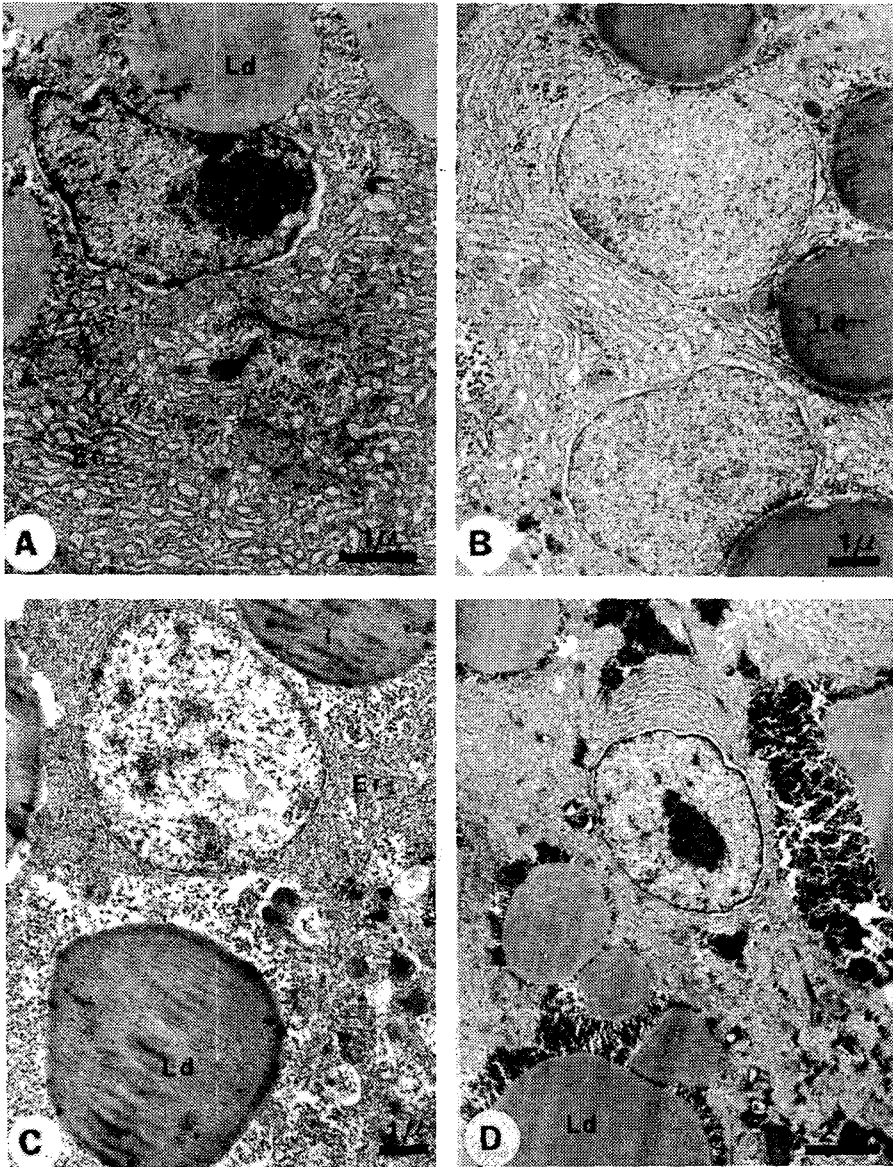


Fig. 3. Electron micrographs of hepatocytes in male *Sebastes schlegeli*.

A: A hepatocyte in early maturation stage of testis (October). Note poorly developed granular endoplasmic reticula (Er), a large quantity of lipid droplets (Ld) and glycogen particles in the cytoplasm. B: A hepatocyte in maturation and copulation stage (December). Note well-developed granular endoplasmic reticula and a large number of lipid droplets (Ld) in the cytoplasm. C: A hepatocyte in degeneration stage (January). Note poorly endoplasmic reticula (Er) and large lipid droplets (Ld), glycogen particles and a few lysosomes in the cytoplasm. D: A hepatocyte in recovery stage (April). Note a large number of lipid droplets (Ld) and glycogen particles in the cytoplasm.

조피볼락(*Sebastes schlegeli*)의 성숙에 따른 간세포 활성화와 간 및 근육의 단백질·총 RNA 함량변화

이상의 암수별 생식소 발달단계와 HSI 및 간세포의 미세구조에 대한 전자현미경적 관찰결과를 종합하여 보면, HSI는 Chung et al. (1986)이 언급한 바와 같이 주로 간의 지방함량에 따라 변동을 보이며, 그밖에 글리코겐과 단백질도 다소 영향을 미치는 요인이 될 것으로 추측된다.

3. 간 및 근육의 단백질 함량 변화

암컷

난소 발달시기에 따라 조사한 암컷의 간조직에 대한 단백질 함량의 월별변화는 Table 1과 같이 18.07(5월)~20.91(4월) mg/g이었고, 근육조직에서는 16.88(5월)~18.84(4월) mg/g 범위를 보였다. 간조직에서의 단백질 함량은 난소가 성장기인 12월과 1월부터 서서히 증가하여 성숙 및 임신기인 4월에 가장 많았고, 출산기인 5월에는 감소되는 경향을 보였으나, 회복기인 10월 초순부터는 다시 약간 증가하는 경향을 보였다. 근육조직에서의 단백질 함량 역시 간조직에서의 변화경향과 비슷한 결과를 나타냈다. Chung et al. (1991a, b; 1992)은 짙둥어(*Boleophthalmus pectinirostris*)의 생식소 발달단계에 따른 간과 근육조직의 단백질 함량을 조사한 결과, 성숙기에 이들 조직에 단백

질 함량이 가장 많았음을 확인하였는데, 본 연구에서도 성숙기에 가장 높은 수준의 단백질 함량을 보여 그들의 연구결과와 잘 부합되고 있다.

수컷

조피볼락 수컷에서 간조직의 단백질 함량은 Table 2에 나타난 바와 같이, 17.22(1월)~19.90(12월) mg/g 이었고 근육조직에서는 16.63(1월)~17.47(12월) mg/g 범위로 나타나, 간과 근육 조직의 단백질 함량은 대체로 초기 성숙기인 10월부터 증가하기 시작하여 성숙 및 교미기인 12월 초순에 최대값을 보인 다음, 교미를 마친 이듬해 1월에 최저값을 나타냈다. 그러나 정소가 회복기로 접어드는 4~5월에는 단백질 함량이 서서히 증가하는 경향을 보였다.

Chung et al. (1986)은 간세포의 세포질내에 조면소포체와 리보솜이 풍부해짐에 따라 간조직의 단백질 함량이 많아진다고 보고하였는데, 본 연구에서 조피볼락 암컷은 성숙 및 임신기인 4월에 조면소포체와 리보솜이 가장 발달하고, 간조직 1g당 단백질의 함량도 가장 많아짐으로써, 서로 부합된 결과를 보이고 있다.

4. 간 및 근육의 총 RNA 함량 변화

Table 1. The mean protein contents of the liver and muscle tissues of female *Sebastes schlegeli*

Month	Protein content (mg/g)		Gonadal phase
	Liver	Muscle	
October	18.90 ± 0.32	16.21 ± 0.24	Recovery stage
December	19.74 ± 0.21	18.73 ± 0.13	Growing stage
January	20.58 ± 0.23	18.48 ± 0.12	Growing stage
April	20.91 ± 0.24	18.84 ± 0.13	Maturation and gestation stage
May	18.07 ± 0.15	16.88 ± 0.11	Parturition stage

Table 2. The mean protein contents of the liver and muscle tissues of male *Sebastes schlegeli*

Month	Protein content (mg/g)		Gonadal phase
	Liver	Muscle	
October	18.82 ± 0.21	16.88 ± 0.13	Early maturation stage
December	19.90 ± 0.23	17.47 ± 0.12	Maturation and copulation stage
January	17.22 ± 0.21	16.63 ± 0.11	Degeneration stage
April	18.07 ± 0.21	16.74 ± 0.13	Recovery stage
May	17.74 ± 0.22	16.81 ± 0.01	Recovery stage

암컷

난소 발달시기에 따라 조사한 암컷의 간조직에 대한 총 RNA 함량의 월별변화는 Table 3과 같이 1.05(10월)~2.84(4월) mg/g이었고, 근육조직에서는 0.13(10월)~0.23(4월) mg/g의 범위를 나타내었다. 총 RNA 함량은 간과 근육조직 모두에서 회복기인 10월 초순에 가장 낮았으나, 12월부터 서서히 증가하여 성장기인 1월에 급격히 많아졌다. 이후 성숙기 및 임신기인 4월에 최대값을 나타낸 다음, 출산기에 해당하는 5월에 다시 낮아지는 경향을 보였다.

Chung et al. (1991a, b; 1992)은 쟁뚱어의 간과 근육조직에서의 총 RNA 함량이 성숙기에 가장 높게 나타난다고 하였는데, 이는 본 연구결과와 잘 일치하고 있다.

수컷

조피볼락 수컷에서 간조직의 월별 총 RNA 함량변화는 암컷의 경우와 달리 0.89(1월)~1.29(12월) mg/g 이었고, 근육조직에서는 0.14(1월)~0.17(12월) mg/g의 범위를 나타냈다. 간과 근육조직의 총 RNA 함량은 초기 성숙기인 10월부터 서서히 증가하여 성숙기 및 교미기인 12월에 최대값을 나타냈다. 이후 정소의 퇴화기인 1월에 가장 낮은 값을 보인 다음, 회복기인 4~5월에 다시 증가하는 경향을 보였다. 이러한 총 RNA의 변화경향은 단백질 함량의 변화와 밀접한 관계가 있음을 나타냈다(Table 3).

Imura and Saito (1969)는 kokanee salmon의 각 조직에 대한 총 RNA 함량의 변화를 조사하였는데, 신장, 간장, 심장, 근육 및 간조직의 RNA 함량은 산란기중에 크게 감소하였고 특히, 난소의 성숙과 간의 RNA 함량 사이에는 밀접한 관계가 있다고 보고하였

다. 본 연구의 조피볼락 간조직에 대한 총 RNA 함량을 성성숙과 비교해 보면, 암컷의 출산기 및 수컷의 교미기 이후에 현저하게 감소하고 있는데, 간세포의 미세구조를 파악한 전자현미경 관찰에서도 조면소포체 출현량의 변화가 성성숙과 동조함으로써 총 RNA 함량의 변화경향과 잘 일치하고 있다. Mustafa and Archana (1982)는 절식시킨 메기(*Clarias batrachus*)의 간과 뇌조직 100 mg당 단백질과 RNA 함량을 조사하였는데, 단백질과 RNA는 조직의 중량이나 어체의 영양상태에 따라 변화한다고 하였다. 따라서 총 RNA 함량변화는 단백질 함량변화에 영향을 미칠 수 있으며, 생식소의 발달단계별 또는 먹이 섭취량에 따라 변화한다고 보아도 무방할 것이다. 한편, 무지개송어(Takashima et al., 1971)의 간에 대한 지방함량은 난황형성기에 점차 감소되고 있으며, 성숙중인 은어 암컷(Aida et al., 1973)과 금붕어 암컷(Ishii and Yamamoto, 1970)에서는 글리코겐의 양이 수컷보다 더 크게 감소된다고 한다. 이와 같은 현상은 조피볼락에서도 동일하게 나타나고 있는데, 이는 난황형성이 활발한 성숙기에는 지질과 글리코겐이 난황전구물질로서 간에서 합성되어 혈류를 통해 난모세포로 전이되는 데 기인하는 것으로 추측된다. 그러나 수컷의 경우에는 성숙과 관련한 변화가 그다지 크지않을 것으로 판단된다. 즉, 암컷에서의 난황형성은 산란후에도 세포분열, 부화후 변태 및 개체로서의 섭식능력이 갖추어질 때 까지 생명유지를 위한 영양축적이 필요하지만, 수컷에서는 체외로 방출되기 까지 정자완성을 위한 성숙분열과 변태가 거듭되는 과정에서 간으로 부터 전이되어온 영양을 즉시 에너지원으로 소비하기 때문일 것으로 생각된다.

Table 3. The mean total RNA contents of the liver and muscle tissues of female and male *Sebastes schlegelii*

Month	Total RNA content (mg/g)			
	Liver		Muscle	
	♀	♂	♀	♂
October	1.05 ± 0.12	1.06 ± 0.11	0.13 ± 0.23	0.16 ± 0.22
December	1.70 ± 0.01	1.29 ± 0.21	0.16 ± 0.22	0.17 ± 0.11
January	2.84 ± 0.11	0.89 ± 0.02	0.22 ± 0.13	0.14 ± 0.03
April	2.84 ± 0.33	0.93 ± 0.03	0.23 ± 0.02	0.15 ± 0.33
May	1.58 ± 0.21	0.95 ± 0.22	0.17 ± 0.01	0.15 ± 0.02

요 약

난태생 어류인 조피볼락(*Sebastes schlegeli*)의 성숙과 안정적인 출산을 위한 기초 정보를 얻고자, 간중량지수의 월별 변화와 간세포의 활성이 생식소의 발달과 어떤 관계에 있는지 조사하고, 아울러 생식소 발달에 따른 간 및 근육조직내의 단백질과 총 RNA 함량변화도 조사하였다.

암컷의 HSI는 9월부터 높아지기 시작하여 2월에 최대값(2.58)에 달한 뒤, 3월(성숙기)부터 5월(출산기) 사이에는 낮아졌다. 수컷에서는 10월(성숙기)부터 높아지기 시작하여 4월(회복기)에 최대값(3.20)에 달했다.

암컷의 난황형성기에 간세포내 글리코겐과 지방질의 양이 점차 감소되나, 총 RNA의 함량은 증가하였다. 그러나 수컷에서는 다량의 지방적들이 소모되지 않고 성숙기에도 세포질내에 잔존하고 있었다.

생식소의 발달과 함께 간 세포질에는 잘 발달된 조면소포체가 증가하였는데, 이들은 단백질 합성과 난황전구물질의 형성에 중요한 역할을 하는 것으로 간주된다.

암컷의 간과 근육조직의 단백질 및 총 RNA 함량은 1월(성장기)부터 점차 증가되기 시작하여 4월 초순(성숙기)에 최대값을 나타낸 다음, 4월 하순(임신기)에 감소되는 경향을 보였다. 수컷에서는 초기 성숙기인 10월부터 점차 증가하여 성숙 및 교미기인 12월에 최대값을 보인 다음, 퇴화기인 1월에 다시 감소하였다.

참 고 문 헌

- Aida, K., K. Hirose, M. Yokote and T. Hibiya. 1973. Physiological studies on gonadal maturation of fishes-II. Histological changes in the liver cells of ayu following gonadal maturation and estrogen administration. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 39 (11), 1107~1115.
- Baik, J. M. 1993. Annual change in reproductive cycle with sex steroid hormone of rockfish, *Sebastes schlegeli*. M. S. Thesis, Donggeui Univ., 29 pp. (in Korean).
- Chung, E. Y., H. B. Kim and T. Y. Lee. 1986. Changes of the activity of the liver cells accompanied with the reproductive cycle of greenling, *Agrammus agrammus* (Temminck et Schlegel). Bull. Korean Fish. Soc., 19(1), 83~91 (in Korean).
- Chung, E. Y., M. W. Lee, K. K. Lee, S. K. Choi and Y. N. Oh. 1992. Studies on the electrophoretic analysis of protein, variations of protein and RNA contents of the liver and muscle tissues of *Boleophthalmus pectinirostris* (Linnaeus). Korean J. Ichthyol., 4(1), 96~104 (in Korean).
- Chung, E. Y., K. K. Lee and Y. N. Oh. 1991a. Studies on the karyotype analysis, the electrophoretic analysis of protein, and variations of protein and nucleic acid contents of the muscle tissue of female *Boleophthalmus pectinirostris* (Linnaeus). Mar. Dev. Res. Kunsan Nat. Univ., 3(1), 27~38 (in Korean).
- Chung, E. Y., K. K. Lee and Y. N. Oh. 1991b. Studies on changes of the activity of the hepatic cells, and variations of protein and nucleic acid contents of the liver tissue with the ovarian development phase of female *Boleophthalmus pectinirostris* (Linnaeus). Korean J. Ichthyol., 3(1), 48~57 (in Korean).
- Imura, K. and T. Saito. 1969. Seasonal variations in the metabolic activities of tissue constituents of some fishes-I. Changes in nucleic acid contents of some tissues of kokanee salmon, *Oncorhynchus nerka* F. Kenelyi. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 20(3), 202~210 (in Japanese).
- Ishii, K. and K. Yamamoto. 1970. Sexual differences of the liver cells the goldfish, *Carassius auratus* L. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 21, 161~167.
- Kitada, J. and S. Takagi. 1965. Electron microscopic study on the liver cell of guppy, *Lebistes reticulatus*. Bull. Univ. Osaka Pref. Ser. B., 18, 1~9.
- Kusakari, M., Y. Mori and K. Kudo. 1977. Studies on the breeding habit of a rockfish, *Sebastes sch-*

- legeli* (Hilgendorf) 2. On the breeding behavior of pregnant fish and the just spawned larvae.. Month. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn., 34(10), 1~11 (in Japanese).
- Kusakari, M., Y. Mori and K. Kudo. 1977. Studies on the birth habit of a rockfish, *Sebastes schlegeli* (Hilgendorf) 3. External changes of urogenital aperture in pregnant female. Month. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn., 36(1), 1~8 (in Japanese).
- Lowry, O. H., J. N. Rosebrough, A. L. Farr and R. J. Randall. 1951. Protein measurement with the frolin phenol reagent. J. Biol. Chem., 103, 265~275.
- Mustafa, S. and M. Archana. 1982. Protein, RNA and DNA levels in liver and brain of starved catfish, *Clarias batrachus*. Japan. J. Ichthyol., 28(4), 396~400.
- Pickford, G. E. 1953. A study of the hypophysectomized male killifish, *Fundulus heteroclitus* (Linne). Bull. Bingham Oceanoge. Coll., 14, 5~41.
- Schneider, W. C. 1957. Determination of nucleic acids in tissues by penyose analysis. Methods in Enzymology. Vol. 3. Academic Press. New York, 1154 pp.
- Stanchfield, J. E. and J. D. Yager. 1980. Primary induction of vitellogenin synthesis in monolayer cultures of amphibian hepatocytes. J. Cell Biol., 84, 468~475.
- Takashima, F., T. Hibiya and T. Watanabe. 1971. Endocrinological studies on lipid metabolism in rainbow trout- I. Differences in lipid content of plasma, liver and visceral adipose tissue between sexually immature and mature females. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 37(4), 307~311.
- Yamamoto, T. 1964. Some observations on the fine structure of the liver cells in the starved goldfish (*Carassius auratus*), with special reference to the morphology of fat mobilization during starvation to the liver. Arch. Histol. Jap., 24, 335~345.
- Yang, M. H., S. C. Kim and Y. C. Cho. 1993. Studies on the mass seed production of rockfish, *Sebastes schlegeli*. Tech. Rep. Nat. Fish. Res. Dev. Agency, 101, 327~331 (in Korean).

1995년 4월 18일 접수

1995년 6월 5일 수리