

다양한 고정용액에 보존된 고등어(*Scomber japonicus*) 난의 경과 시간에 따른 난경 변화

김소라 · 김종진*

국립수산과학원 연근해자원과

Change in the Egg Diameter of Chub Mackerel *Scomber japonicus* Preserved in Fixing Solution

So Ra Kim and Jung Jin Kim*

Researcher, Coastal Water Fisheries Resources Research Division, National Institute of Fisheries Science, Busan 46083, Republic of Korea

We investigated the changes in the egg diameter of chub mackerel *Scomber japonicus* with the stages of egg development (and distinguished between hydrated oocyte and non-hydrated oocyte) for 1, 2, 3, 5, 10, 15 and 30 days. The chub mackerel oocytes were preserved in seven fixing solutions (70% ethyl alcohol, 99.9% ethyl alcohol, 5% formalin, 10% formalin, 5% neutral buffered formalin, 10% neutral buffered formalin and Gilson's solution). At 30 days, the chub mackerel hydrated oocytes preserved in 70% ethyl alcohol and 99.9% ethyl alcohol had shrunk by 5.2% and 7.9%, respectively. Similarly, the non-hydrated oocytes in the same solutions shrunk by 10.3% and 14.0%, respectively. Oocytes preserved in Gilson's solution had an average egg diameter decrease in both the hydrated oocyte (by 16.9%) and non-hydrated oocytes (by 15.6%). The diameter of the preserved hydrated oocytes did not significantly differ between the 5% formalin, 10% formalin, 5% neutral buffered formalin and 10% neutral buffered formalin, with shrinkage percentages of 0.6%, 0.1%, 1.9% and 3.4%, respectively ($P>0.05$). Similarly, the shrinkage percentages of the non-hydrated oocytes were 4.3% (5% formalin), 5.5% (10% formalin), 4.3% (5% neutral buffered formalin), and 4.1% (10% neutral buffered formalin).

Keywords: Egg diameter, Shrinkage, Preservation, Fixing solution, *Scomber japonicus*

서론

난의 크기는 어류의 산란생태연구에서 중요한 측정 항목 중 하나이며, 난의 형태와 크기는 어종에 따라 다르다(Kim and Zhang, 1994; Klibansky and Juanes, 2007). 고등어는 산란기간 동안 2회 이상 산란을 하는 다회산란형 어종(multiple spawner)으로 산란기 난소 내에는 초기난모세포에서부터 수화된 난모세포까지 다양한 발달 단계의 난들이 함께 존재하며, 일련의 과정을 통해 난소 내 성숙하지 않은 난모세포는 난황축적을 통해 성숙한 난모세포로 발달하여, 먼저 성숙된 그룹부터 산란된다(batch spawning) (Dickerson et al., 1992; Yamada et al., 1998; Shiraishi et al., 2005). 산란기 동안 난소 내에는 배란 직전의 수

화된 난(hydrated oocyte)이 관찰되며, 난경 범위는 800-1000 μm (Cha et al., 2002)이다. 또한 산란 후 수정란의 직경은 1.14-1.20 mm로 보고되어진바 있다(Jung et al., 2013). 난소 내 수화된 난의 경우 수화되지 않은 난(non-hydrated oocyte)과는 다르게 크기가 크고 투명하여 육안으로 구분이 가능하다. 현장에서 오랜 시간 많은 어종을 대상으로 정확한 산란수와 난경을 추정하기에는 어류의 선도가 떨어지고 부패하기 쉽기 때문에 난소를 고정용액에 보존하여 실험 전까지 보관한다. 일반적으로 현장에서 사용되는 고정용액으로는 formalin, ethanol 등이 있으며, 효과적으로 난을 분리하기 위하여 Gilson's solution을 사용하기도 한다. Formalin을 바탕으로 한 neutral buffered formalin의 경우 일반적으로 난모세포의 발달단계, 배란 후 여포세포

*Corresponding author: Tel: +82. 51. 720. 2287 Fax: +82. 51. 720. 2277

E-mail address: king.jungjin@korea.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.

<https://doi.org/10.5657/KFAS.2022.0067>

Korean J Fish Aquat Sci 55(1), 67-72, February 2022

Received 13 January 2022; Revised 9 February 2022; Accepted 16 February 2022

저자 직위: 김소라(연구원), 김종진(연구사)

관찰 등 조직학적 분석에 적합한 용액이지만 인체에 매우 해롭다는 단점이 있다(Klibansky and Juanes, 2007). 또한 Formalin으로 오랜 기간 고정시킨 어류플랑크톤(ichthyoplankton) 샘플의 경우, 핵산의 화학적 구조를 변형시켜 RNA와 DNA의 분해를 유도하기 때문에 유전자 분석을 통한 종 동정에 어려움이 따른다(Hajibabaei et al., 2005; Karaiskou et al., 2007; Hostein et al., 2011; Lewis et al., 2016).

Ethanol은 formalin에 비해 상대적으로 유해성이 낮고 유전자 분석을 하기 위해 필요한 보존용액이다. 하지만 투명했던 어란을 불투명하게 만들기 때문에 육안으로 종을 분류하거나 발달 단계를 구분하기 힘들며, 조직에 탈수현상을 일으켜 정확한 난의 크기를 측정하기에는 어려움이 따른다(Karaiskou et al., 2007; Klibansky and Juanes, 2007; Rakka and Ganias, 2015).

Gilson's solution의 경우 난을 난소의 결합조직으로부터 분리 시킴으로써 포란수를 쉽고 정확하게 셀 수 있는 반면, formalin과 ethanol에 비해 수축이 심하다고 알려져 있다 (Joseph, 1963; Klibansky and Juanes, 2007). 따라서 어류의 산란생태연구를 위해 어류의 난소를 고정용액에 보존했을 경우, 난의 변형이 일어나 수화된 난과 수화되지 않은 난을 육안으로 구별하기에는 어려움이 따른다. 고등어와 같은 다회산란형 어종인 대서양 정어리(*Sardina pilchardus*)와 유럽 멸치(*Engraulis encrasicolus*)에서는 난 발달 단계에 따라 수축률에 차이가 있었다(Rakka and Ganias, 2015). 본 연구 어종인 고등어 또한 난의 발달 단계에 따라 수축률 차이가 크다면 수화된 난과 수화되지 않은 난을 육안으로 구별하기 어려우며 정확한 난경 측정과 1회 산란수 추정에 오류를 일으킬 수 있다(Hunter et al., 1985). 따라서 실험 전까지 난의 변형이 가장 적게 일어나는 고정용액으로 보존을 하여 실제 난경과의 오차를 줄인 뒤 정확한 난경 측정을 해야 하며, 수화된 난과 수화되지 않은 난을 구별해야 한다.

따라서 본 연구는 다회산란형 어종인 고등어의 난소를 샘플링 하여 고정용액에 보존할 때 난경 변화에 가장 영향을 적게 미치는 고정용액을 알아보기 위한 실험으로 (1) 70% ethyl alcohol, (2) 99.9% ethyl alcohol, (3) 5% formalin, (4) 10% formalin, (5) 5% neutral buffered formalin, (6) 10% neutral buffered formalin, (7) Gilson's solution에 수화된 난과 수화되지 않은 난을 고정한 후 시간 경과에 따른 난경의 변화 및 차이를 알아보았다. 본 실험 결과를 통해 각 고정용액 별 수축률을 파악하여,

산란생태연구의 기초자료로 제공하고자 한다.

재료 및 방법

본 연구는 고등어의 산란생태연구를 위하여 2017년 6월 우리나라(부산, 통영)에서 대형선망으로 채집된 성숙한 암컷 고등어 5개체를 실험에 사용하였다(Table 1). 채집된 개체들은 실험실로 옮겨 개체별 생물학적 정보(전장, 가랑이체장, 체중, 생식소무게 등)를 측정하였다. 이후 난소 내 난의 발달단계를 수화되지 않은 난(non-hydrated oocyte; Fig. 1A)과 수화된 난(hydrated oocyte; Fig. 1B)으로 구분하여 각 개체의 난소에서 각각

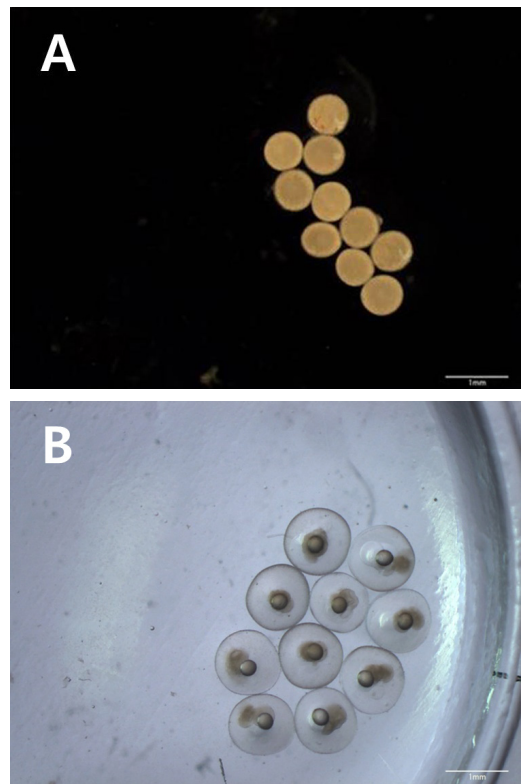


Fig. 1 Photomicrographs of non-hydrated oocyte (A) and hydrated oocyte (B) of chub mackerel *Scomber japonicus*. Scale bars=1 mm.

Table 1. Biological information of mature chub mackerel *Scomber japonicus* collected at the sampling station during the reproductive season

Sampling no.	Total length (cm)	Fork length (cm)	Body weight (g)	Gonad weight (g)	Sampling		Sampling date	Sampling station
					Hydrated oocyte	Non-hydrated oocyte		
1	40.2	37.6	738.74	37.30	O	O	08/06/2017	100
2	41.6	39.2	716.08	38.45	-	O	22/06/2017	105
3	40.2	37.7	743.74	47.90	-	O	22/06/2017	105
4	44.9	42.2	1,006.04	72.21	O	-	26/06/2017	105
5	40.0	38.5	799.24	78.40	O	-	26/06/2017	105

의 고정용액에 넣을 수화되지 않은 난과 수화된 난을 추출하였다. 본 연구에서는 난경 500-800 μm 범위의 육안으로 불투명한 난을 수화되지 않은 난으로 정의하였다.

각 개체 별로 난의 발달 단계에 따라 추출한 난들을 실체 현미경 아래에서 20-30립씩 단경과 장경을 측정하였다. 그 후 난들을 25 mL 유리병에 넣은 뒤 각각의 고정용액으로 보존하였다. 고정용액은 70% ethyl alcohol, 99.9% ethyl alcohol, 5% formalin, 10% formalin, 5% neutral buffered formalin, 10% neutral buffered formalin, Gilson's solution을 사용하였다.

난의 발달단계에 따라 각각의 용액에 고정된 샘플들은 경과일수에 따른 난경의 변화를 알아보기 위해 고정 0일, 1일, 2일, 3일, 5일, 10일, 15일, 30일 마다 난의 단경과 장경을 측정하여 평균값을 이용하였으며(Table 2, Table 3), 다음의 식을 이용하여 수축률을 계산하였다.

$$R = \frac{OD_{0day} - OD_{iday}}{OD_{0day}} \times 100$$

여기서 R은 수축률, OD_{0day} 는 고정 전 난경, OD_{iday} 는 고정 후 각 경과일수($i=0, 1, 2, 3, 5, 10, 15, 30$)에 측정된 난경이다.

본 연구의 결과는 SPSS Version 26.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 사용하여 통계분석 하였다. 고정용액별 경과일수에 따른 난경 변화에 차이가 있는지 알아보기 위하여 Repeated

Measures Analysis of Variance (RM ANOVA)를 이용하였으며, 사후검정으로 Tukey's HSD test를 실시하였다.

결과 및 고찰

수화되지 않은 난과 수화된 난을 각각의 고정용액에 고정시켜 시간에 따른 수축률을 알아보았다. 고정용액 별로 수화되지 않은 난의 수축률은 통계적으로 유의한 차이($F=134.868, P<0.001$)가 있었으며(Fig. 2), 수화된 난 또한 고정용액 별로 수축률에 차이($F=11.679, P<0.001$)가 있었다(Fig. 3). 고정용액에 보존된 후 시간 경과에 따라 수화되지 않은 난의 수축률은 통계적으로 유의한 차이($F=114.866, P<0.001$)가 있었으며(Fig. 2), 수화된 난 또한 고정용액에 보존된 후 시간 경과에 따라 수축률에 차이($F=109.884, P<0.001$)가 있었다(Fig. 3).

70% ethyl alcohol에 고정된 수화되지 않은 난의 평균 난경은 고정 전 $658.3 \pm 11.3 \mu\text{m}$ 였으며, 고정 1일째 $618.1 \pm 10.1 \mu\text{m}$ 로 유의하게 감소하였다($P<0.05$). 고정 후 1일부터 10일까지 통계적으로 의미 있는 변화는 보이지 않았으나($P>0.05$), 고정 후 10일부터 30일까지 난경이 유의하게 감소하였고($P<0.05$) 고정 전 보다 난경이 $10.3 \pm 2.6\%$ 수축하여 30일 후에는 $590.4 \pm 22.6 \mu\text{m}$ 를 보였다(Table 2, Fig. 2). 수화된 난의 경우 고정 전 평균 난경은 $917.2 \pm 88.0 \mu\text{m}$ 였으며 고정 후 30일에는 $871.1 \pm 101.0 \mu\text{m}$ 로 $5.2 \pm 2.5\%$ 수축하여 수화되지 않은 난 보다 낮은 수축률

Table 2. Non-hydrated oocyte average diameter (μm) (\pm standard deviation) of chub mackerel *Scomber japonicus* between seven fixing solutions and various time periods

	0 day	1 day	2 day	3 day	5 day	10 day	15 day	30 day
70% Ethyl alcohol	658.3 \pm 11.3	618.1 \pm 10.1	607.3 \pm 13.9	605.1 \pm 15.8	612.2 \pm 8.3	614.6 \pm 12.4	597.9 \pm 8.1	590.4 \pm 22.6
99.9% Ethyl alcohol	652.6 \pm 12.8	553.7 \pm 15.8	560.2 \pm 21.9	559.0 \pm 21.8	565.7 \pm 21.7	565.0 \pm 28.4	548.6 \pm 18.6	561.3 \pm 16.0
5% Formalin	660.5 \pm 5.0	634.4 \pm 4.6	638.4 \pm 7.9	637.1 \pm 15.3	651.2 \pm 11.8	637.5 \pm 5.7	634.4 \pm 7.3	632.0 \pm 16.9
10% Formalin	653.4 \pm 13.4	638.1 \pm 17.6	629.8 \pm 14.2	634.4 \pm 12.8	641.3 \pm 12.6	632.8 \pm 15.1	631.3 \pm 16.8	617.2 \pm 3.7
5% Neutral buffered formalin	658.3 \pm 25.6	639.2 \pm 20.9	634.8 \pm 24.4	636.6 \pm 23.6	643.9 \pm 21.9	635.3 \pm 20.1	630.8 \pm 27.1	630.0 \pm 25.3
10% Neutral buffered formalin	658.5 \pm 14.0	630.9 \pm 17.7	628.9 \pm 26.8	639.6 \pm 20.6	647.2 \pm 23.7	638.0 \pm 19.2	630.2 \pm 22.5	631.4 \pm 16.6
Gilson's solution	642.7 \pm 12.6	581.0 \pm 31.4	575.3 \pm 32.0	572.2 \pm 32.7	575.6 \pm 31.5	564.2 \pm 27.5	554.8 \pm 28.4	542.2 \pm 30.1

Table 3. Hydrated oocyte average diameter (μm) (\pm standard deviation) of chub mackerel *Scomber japonicus* between seven fixing solutions and various time periods

	0 day	1 day	2 day	3 day	5 day	10 day	15 day	30 day
70% Ethyl alcohol	917.2 \pm 88.0	907.2 \pm 95.1	898.8 \pm 78.1	900.5 \pm 87.6	892.6 \pm 100.7	890.9 \pm 103.5	901.6 \pm 102.9	871.1 \pm 101.0
99.9% Ethyl alcohol	920.4 \pm 86.4	842.8 \pm 85.7	848.5 \pm 79.0	855.7 \pm 86.0	848.3 \pm 97.0	841.9 \pm 85.4	847.6 \pm 84.7	848.5 \pm 87.2
5% Formalin	920.9 \pm 89.8	917.9 \pm 98.5	935.0 \pm 86.5	922.6 \pm 90.5	915.5 \pm 113.0	913.3 \pm 106.3	909.9 \pm 99.9	915.5 \pm 94.7
10% Formalin	913.9 \pm 100.8	930.3 \pm 100.2	936.3 \pm 92.3	936.5 \pm 101.7	916.4 \pm 107.4	915.0 \pm 107.8	917.0 \pm 107.6	912.1 \pm 95.8
5% Neutral buffered formalin	918.1 \pm 92.3	912.6 \pm 78.4	915.9 \pm 68.0	913.4 \pm 71.3	909.9 \pm 98.0	908.5 \pm 90.9	900.2 \pm 86.7	899.5 \pm 75.4
10% Neutral buffered formalin	918.3 \pm 90.4	895.9 \pm 78.0	904.8 \pm 66.2	901.5 \pm 79.6	883.1 \pm 81.7	889.5 \pm 93.7	886.6 \pm 80.0	886.4 \pm 77.2
Gilson's solution	919.5 \pm 93.4	843.7 \pm 100.6	854.8 \pm 100.6	837.1 \pm 95.0	834.2 \pm 113.1	814.3 \pm 104.6	804.6 \pm 102.3	763.1 \pm 72.0

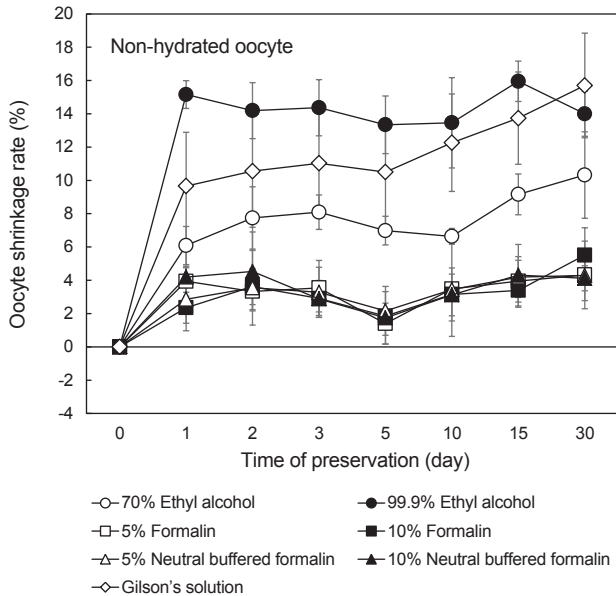


Fig. 2 Change in average non-hydrated oocyte shrinkage rate (%) of chub mackerel *Scomber japonicus* preserved in seven fixing solutions for various time periods. vertical bars denote the standard deviations.

을 보였다(Table 3, Fig. 3). Klibansky and Juanes (2007)의 연구에서 대서양 대구(*Gadus morhua*), 해덕대구(*Melanogrammus aeglefinus*), 대서양 홍가자미(*Hippoglossoides platessoides*)의 수화되지 않은 난을 70% ethyl alcohol에 고정하였을 때 10%이하의 수축률을 보였고 대서양 정어리(*S. pilchardus*)와 유럽 멸치(*E. encrasicolus*)의 수화되지 않은 난의 경우 수축률이 각각 34.8%, 23.7%를 나타냈다(Rakka and Ganiyas, 2015).

99.9% ethyl alcohol에 보존된 수화되지 않은 난의 평균 난경은 고정 전 $652.6 \pm 12.8 \mu\text{m}$ 였으며, 고정 1일 후 $553.7 \pm 15.8 \mu\text{m}$ 로 급격하게 감소한 뒤($P < 0.05$) 고정 후 30일까지 유의미한 난경의 변화는 보이지 않았다(Table 2, Fig. 2). 수화된 난의 고정 전 평균 난경은 $920.4 \pm 86.4 \mu\text{m}$ 였으며 고정 1일 후 $842.8 \pm 85.7 \mu\text{m}$ 로 급격하게 감소한 뒤($P < 0.05$) 고정 후 30일까지 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다(Table 3, Fig. 3). 고정 30일 후 수화되지 않은 난과 수화된 난의 수축률은 각각 $14.0 \pm 1.4\%$, $7.9 \pm 1.1\%$ 로 70% ethyl alcohol로 고정했을 때 보다 높은 수축률을 보였으며, 이는 Rakka and Ganiyas (2015)의 연구에서 고농도의 ethyl alcohol에 보존할 수록 수축률 또한 높아지는 경향과 같았다.

Gilson's solution에 보존된 수화되지 않은 난의 평균 난경은 고정 전 $642.7 \pm 12.6 \mu\text{m}$ 였으며, 고정 후 1일 $581.0 \pm 31.4 \mu\text{m}$ 로 급격히 감소한 뒤($P < 0.05$) 고정 후 5일까지 통계적으로 의미 있는 변화는 보이지 않았으나($P > 0.05$), 그 후 유의하게 감소하였다($P < 0.05$) (Table 2). 수화된 난의 고정 전 평균 난경은 $919.5 \pm 93.4 \mu\text{m}$ 였으며, 고정 후 1일 $843.7 \pm 100.6 \mu\text{m}$ 로 급격히

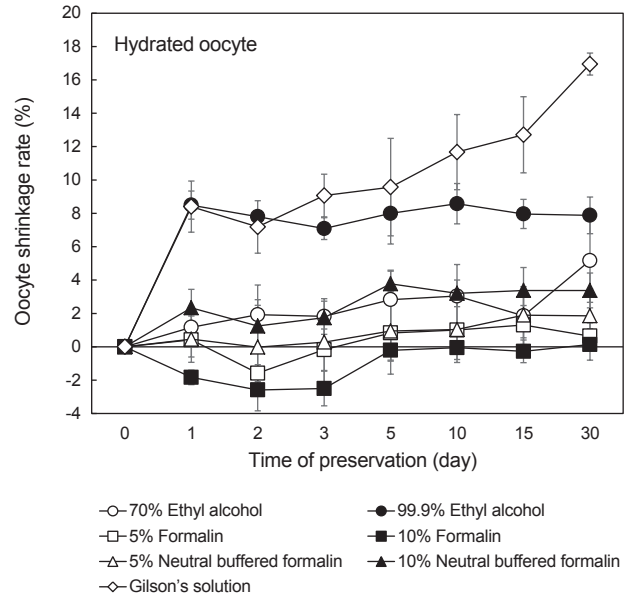


Fig. 3 Change in average hydrated oocyte shrinkage rate (%) of chub mackerel *Scomber japonicus* preserved in seven fixing solutions for various time periods. vertical bars denote the standard deviations.

감소한 뒤($P < 0.05$) 고정 후 2일부터 30일까지 유의하게 감소하였다(Table 3). 고정 30일 후 수화되지 않은 난과 수화된 난의 수축률은 각각 $15.7 \pm 3.1\%$, $16.9 \pm 0.7\%$ 였다(Fig. 2, Fig. 3). Gilson's solution은 실험 내 고정기간 동안 난경이 계속 줄어드는 경향을 보였으며 이러한 경향으로 보았을 때 30일이 지난 이후에도 난과 용액 사이에 삼투평형상태가 유지될 때까지 수축이 계속 진행될 것으로 생각된다(Rakka and Ganiyas, 2015). 황다랑어(*Thunnus albacares*)의 난을 Gilson's solution에 고정했을 경우, 4% formalin에 고정시켰을 때 보다 24% 더 수축하였으며(Joseph, 1963). 대서양 대구(*G. morhua*), 해덕대구(*M. aeglefinus*), 대서양 홍가자미(*H. platessoides*)의 난을 Gilson's solution에 고정한 결과, 수축률이 각각 13.28%, 13.77%, 18.43%로 나타나 formalin이나 ethyl alcohol로 고정했을 때 보다 높은 수축률을 보였다(Klibansky and Juanes, 2007).

수화되지 않은 난을 5% formalin, 5% neutral buffered formalin, 10% neutral buffered formalin에 고정을 하였을 때, 고정 후 1일째 난경이 감소하는 경향($P < 0.05$)을 보인 뒤 고정 후 30일까지 통계적으로 의미 있는 변화는 보이지 않았으며($P > 0.05$) 이때 수축률은 각각 $4.3 \pm 2.0\%$, $4.3 \pm 1.5\%$, $4.1 \pm 0.7\%$ 로 나타났다. 또한 수화되지 않은 난을 10% formalin에 보존했을 경우에는 고정 전부터 고정 후 15일까지 난경이 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았으나 고정 후 30일에는 고정 전 난경보다 유의한 차이를 보인 것으로 나타났으며($P < 0.05$) 수축률은 $5.5 \pm 1.6\%$ 였다(Table 2, Fig. 2). 수화된 난을 5% formalin, 10% formalin, 5% neutral buffered formalin, 10% neutral buffered formalin

에 고정하여 30일 후 난경의 변화는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으며($P>0.05$) 이때, 수축률은 각각 $0.6\pm 0.8\%$, $0.1\pm 0.9\%$, $1.9\pm 1.6\%$, $3.4\pm 1.0\%$ 로 나타났다(Table 3, Fig. 3). 대구목에 속하는 7종(*G. morhua*, *M. aeglefinus*, *Merlangius merlangus*, *Trisopterus esmarkii*, *Pollachius pollachius*, *P. virens*, *Molva molva*)의 난을 formalin에 고정했을 때 4% 미만의 수축이 일어났으며(Hislop and Bell, 1987), 대서양 정어리(*S. pilchardus*)와 유럽 멸치(*E. encrasicolus*)의 수화되지 않은 난을 10% neutral buffered formalin에 고정했을 때 난 수축률이 각각 3.6%, 4.7%였다(Rakka and Ganias, 2015). 본 연구와 이전 연구결과들을 종합해보면, 다양한 고정용액 중 formalin이 난과의 평형 상태가 단기간 안에 안정된 경향을 보였으며, 상대적으로 낮은 수축률을 나타냈다(Klibansky and Juanes, 2007; Rakka and Ganias, 2015).

본 연구에서는 실험기간 동안 다양한 고정용액에 수화된 난과 수화되지 않은 난을 보존하였다. 그 중 ethyl alcohol (70%, 99.9%)에서 수화되지 않은 난이 수화된 난보다 더 높은 수축률을 보였다. 반면, 대서양 정어리(*S. pilchardus*)와 유럽 멸치(*E. encrasicolus*)의 난을 ethyl alcohol (25%, 50%, 70%)에 보존했을 때에는 수화된 난이 수화되지 않은 난보다 높은 수축률을 보였으며 이러한 이유를 수화되지 않은 난보다 수화된 난이 높은 수분을 함유하고 있기 때문에 고정용액과의 삼투조절에 의한 것으로 설명하였다(Rakka and Ganias, 2015). 실제로 난이 발달함에 따라 난황 단백질 가수분해를 통해 유리아미노산을 생성하는데 이는 최종 성숙된 난에 수화작용을 하여 난의 크기가 커지고 투명해진다. 하지만 발달단계별 수축률의 차이는 수분의 함유량뿐만 아니라 세포의 삼투압을 일정하게 유지하기 위한 구성 요소(Na^+ , K^+ 등) 또한 영향을 줄 것으로 생각된다. 유리 아미노산, Na^+ , K^+ 등의 이온은 표층성 어란을 구성하는 중요한 요소로 알려져 있으며, 대서양 가자미에서는 유리아미노산이 난모세포의 삼투질농도에 50% 정도를 기여하고 K^+ , Cl^- , Pi 및 NH_4^+ 와 같은 이온이 균형을 맞추는 것으로 알려져 있다(Finn et al., 2002). 하지만 이러한 어류 난모세포에서 이온의 이동 및 합성 메커니즘은 거의 알려져 있지 않기 때문에(Lubzens et al., 2010) 향후 연구에서는 난 내 구성 물질과 고정용액간의 관계성 연구가 필요할 것으로 생각된다.

대서양 대구(*G. morhua*)의 경우, 같은 종임에도 불구하고 샘플링 지역과 샘플 시기에 따라 수축률의 차이를 보인다(Klibansky and Juanes, 2007). 이처럼 샘플링 방법과 시기, 동명의 고정용액이라 하더라도 제조사별 혼합물의 비율 등은 연구 결과 간의 차이를 발생시키는 것으로 판단되며, 어종에 따라 고정용액별 수축률을 정량화하는 과정은 어려운 실정이다.

본 연구에서는 고등어의 난 발달 단계에 따른 고정용액 별 난경의 변화를 알아보았다. 고등어의 산란생태 연구(난경 측정 및 1회 산란수 추정)에 사용하기 가장 적절한 고정용액은 수화된 난과 수화되지 않은 난의 수축률에 영향을 덜 미치는 5%

formalin 또는 5% neutral buffered formalin로 생각된다. 보존용액은 난경뿐만 아니라 난 무게에도 영향을 줄 수 있으므로(Hislop and Bell, 1987) 추후 연구에서는 고정용액별 경과 시간에 따른 난의 무게 변화에 대한 연구가 추가적으로 수행되어야 할 것이다.

사 사

본 연구는 2022년도 국립수산물과학원 수산과학연구사업(연근해 어항변동 정밀 분석 및 예측 고도화 연구, R2022040)의 연구지원에 의해 수행된 연구이며, 논문을 세심하게 검토하여 주신 심사위원께 감사드립니다.

References

- Cha HK, Choi YM, Park JH, Kim JY and Sohn MH. 2002. Maturation and spawning of the chub mackerel, *Scomber japonicus* Houttuyn in Korean waters. J Korean Soc Fish Res 5, 24-33.
- Dickerson TL, Macewicz BJ and Hunter JR. 1992. Spawning frequency and batch fecundity of chub mackerel, *Scomber japonicus*, during 1985. Cal Coop Ocean Fish Invest Rep 33, 130-140.
- Finn RN, Ostby GC, Norberg B and Fyhn HJ. 2002. *In vivo* oocyte hydration in Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*): proteolytic liberation of free amino acids, and ion transport, are driving forces for osmotic water influx. J Exp Biol 205, 211-224. <https://doi.org/10.1242/jeb.205.2.211>.
- Hajibabaei M, de Waard JR, Ivanova NV, Ratnasingham S, Dooch RT, Kirk SL, Mackie PM and Hebert PDN. 2005. Critical factors for assembling a high volume of DNA barcodes. Phil Trans R Soc B 360, 1959-1967. <https://doi.org/10.1098/rstb.2005.1727>.
- Hislop JRG and Bell MA. 1987. Observations on the size, dry weight and energy content of the eggs of some demersal fish species from British marine waters. J Fish Biol 31, 1-20. <http://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1987.tb05209.x>.
- Hostein I, Stock N, Soubeyran I, Marty M, De Mascarel I, Bui M, Geneste G, Petersen MC, Coindre JM and Macgrogan G. 2011. Nucleic acid quality preservation by an alcohol-based fixative: comparison with frozen tumors in routine pathology setting. Diagn Mol Pathol 20, 52-62. <https://doi.org/10.1097/pdm.0b013e3181e71ba5>.
- Hunter JR, Lo NCH and Leong RJH. 1985. Batch fecundity in multiple spawning fishes. NOAA Technical Report NMFS 36, 67-77.
- Joseph J. 1963. Fecundity of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) and skipjack (*Katsuwonus pelamis*) from the eastern Pacific Ocean. Inter-Amer Trop Tuna Com Bull 7, 255-292.
- Jung KM, Kang SK, Cha HK, Choi KH and Myksovoll MS. 2013. Buoyancy and vertical distribution of mackerel *Scomber ja-*

- ponicus* eggs in Korean waters. Korean J Fish Aquat Sci 46, 957-965. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2013.0957>.
- Karaiskou N, Triantafyllidis A, Alvarez P, Lopes P, Garcia-Vazquez E and Triantaphyllidis C. 2007. Horse mackerel egg identification using DNA methodology. Mar Ecol 28, 429-434. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0485.2007.00190.x>.
- Kim SA and Zhang CI. 1994. Fish ecology. In: Spawning and early life history of fish. Kim JW, ed. Seoul Press, Seoul, Korea, 42-80.
- Klibansky N and Juanes F. 2007. Species-specific effects of four preservative treatments on oocytes and ovarian material of Atlantic cod (*Gadus morhua*), haddock (*Melanogrammus aeglefinus*), and American plaice (*Hippoglossoides platessoides*). Fish Bull 105, 538-547.
- Lewis LA, Richardson DE, Zakharov EV and Hanner R. 2016. Integrating DNA barcoding of fish eggs into ichthyoplankton monitoring programs. Fish Bull 114, 153-165. <https://doi.org/10.7755/fb.114.2.3>.
- Lubzens E, Young G, Bobe J and Cerdà J. 2010. Oogenesis in teleosts: how fish eggs are formed. Gen Comp Endocrinol 165, 367-389. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2009.05.022>.
- Rakka M and Ganiats K. 2015. Assessing species and stage-specific effects of preservation on fish oocytes over different temporal scales. Mediterr Mar Sci 16, 533-537. <https://doi.org/10.12681/mms.1205>.
- Shiraishi T, Ohta K, Yamaguchi A, Yoda M, Chuda H and Matsuyama M. 2005. Reproductive parameters of the chub mackerel *Scomber japonicus* estimated from human chorionic gonadotropin-induced final oocyte maturation and ovulation in captivity. Fish Sci 71, 531-542. <https://doi.org/10.1111/j.1444-2906.2005.00997.x>.
- Yamada T, Aoki I and Mitani I. 1998. Spawning time, spawning frequency and fecundity of Japanese chub mackerel, *Scomber japonicus* in the waters around the Izu Island, Japan. Fish Res 38, 83-89. [https://doi.org/10.1016/S0165-7836\(98\)00113-1](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(98)00113-1).