

개서대(*Cynoglossus robustus*) 생식소의 성숙 단계에 따른 디지털 색채 변화

최석진* · 김영혜¹ · 문경진

IPNAVI 국제특허법률사무소, ¹부경대학교 수산생명과학부

Digital Color Analysis for Maturity Assessment of Robust Tonguefish *Cynoglossus robustus* Gonads

Sokjin Choi*, Yeonghye Kim¹ and Kyoungjin Moon

Ipnavi Patent Law Firm, Daejeon 35214, Republic of Korea

¹Department of Marine Biology, Pukyung National University, Busan 48513, Republic of Korea

Digital color analysis was used to determine the gonadal maturity stages and levels of robust tonguefish *Cynoglossus robustus* specimens collected from the South Sea of Korea. Maturity stages were determined using photomicrographs depicting ovarian developmental phases and compared with digital color values. Specimens of *C. robustus* ranged in total length from 21 to 40 cm, with mature ovaries predominantly observed in specimens exceeding 30 cm in length. Monthly color values of the ovaries were primarily concentrated in the 1st and 4th quadrants of the color space, with a^* and b^* values ranging within ± 20 and ± 15 , respectively. The color values of the testes were predominantly located in the 1st and 4th quadrants, with a^* and b^* values ranging from -10 to 10 and -5 to 10, respectively. Although the color values of the mature and spawning stages overlap within a narrow range, distinguishing between them requires consideration of both color values and their monthly distribution. This study underscores the effectiveness of using digital color measurements over subjective visual assessments to evaluate the maturity of *C. robustus* gonads, thereby providing more quantitative insights into their reproductive biology.

Key words: *Cynoglossus robustus*, CIE 1976 $L^*a^*b^*$, Color meter, Maturity determination

서 론

개서대(*Cynoglossus robustus*)는 가자미목(Pleuronectiformes), 참서대과(Cynoglossidae)에 속하는 어류로 열대, 아열대, 온대 지역에 분포하며, 한국 남해와 서해의 연근해, 일본 남부, 동중국해 및 남중국해 북부지역에서 서식한다. 성어의 크기는 전장 40 cm로 산란기는 6-8월이며, 몸길이 26 cm 이상(약 3년생)이면 산란이 가능하다. 산란장은 중국 연안과 한국의 서해 연안으로 국내의 경우, 겨울철에 제주도 서쪽 또는 남쪽 해역의 깊은 곳에서 월동하고, 봄이 되면 연안으로 이동하여 산란 또는 서식한다(Chung, 1977; Kim and Choi, 1994; Kim et al., 2005). 주로 저층트롤과 저층자망으로 어획되며, 경제적 가치가 높은 어종이다. 개서대와 관련한 선행연구는 국외에서 참

서대과 어류의 골격학적 관계(Chapleau, 1988), 참서대과 어류의 초기생활사(Fujita et al., 1986; Okiyama, 1988; Wan et al., 2004), 개서대 속 어류의 계통분류(Menon, 1977) 등 많은 분류학적 연구가 이루어졌고, 국내의 경우 참서대과 어류의 식성 및 생태(Choi et al., 1995; Baeck and Huh, 2004c), 연령과 성장(Baeck and Huh, 2004a, 2004b; Seo et al., 2007) 등 생태학적 연구들이 보고되었다. 한편 연근해 수산자원은 지속적인 감소 추세에 있으나, 수산물의 소비는 증가하는 경향을 보이고 있어 지속적인 소비 공급량을 맞추기 위해, 수산자원의 적절한 관리와 보전이 필요하다. 연근해 수산자원 관리를 위한 어종의 성숙 및 산란기를 추정하기 위해서는 생식소속도 지수(gonadosomatic index, GSI), 간중량 지수(hepatosomatic index, HSI), 비만도 지수(condition factor, CF)를 이용하는 방법과 생식소의

*Corresponding author: Tel: +82. 42. 487. 2981 Fax: +82. 42. 487. 2982

E-mail address: sokjin@yahoo.co.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.2024.0459>

Korean J Fish Aquat Sci 57(4), 459-466, August 2024

Received 11 June 2024; Revised 10 July 2024; Accepted 15 July 2024

저자 직위: 최석진(대표변리사), 김영혜(초빙교수), 문경진(기술경영사)

조직학적 분석 방법이 활용되고 있다(Kim et al., 2017). 특히 산란과 성숙에 관한 연구는 금어기 정책, 포획금지 제장 설정에 실질적으로 적용할 수 있는 매우 중요한 분야이다. 그러나 주요 수산자원의 산란기를 추정하기 위해서는 1년 주기의 표본을 확보하여 복측을 절개하고, 생식소를 적출하여 일정한 처리를 필요로 하므로, 보다 쉽고 신속한 결과를 얻기 위한 방법이 요구되고 있다. 또한 생식소의 조직학적 및 이석 분석방법은 직접적이고 정확한 방법이나(Lee et al., 2017a, 2017b), 전문 인력이 부족하며, 성숙도 판정결과를 얻기까지는 세포염색 및 절편제작 등의 많은 시간과 노력이 소요되는 단점이 있는 바, 수산자원 관리평가를 위해서는 현장에서 산란기를 보다 간편하게 측정할 수 있는 방법 및 성숙도 측정시스템의 개발이 필요하다.

최근 디지털 색채 측정값을 이용하여 사물의 색을 판단하는 수법이 주관적 시각판단에 비해 정량적이라는 점이 선행연구 결과들로부터 확인된 바 있다(Choi and Arakawa, 2009; Choi and Hwang, 2023; Jeong et al., 2024a, 2024b). 색차계를 이용하여 측정된 색채값은 육안 관찰을 통한 색평가의 한계를 극복할 수 있는 방법으로 의료(Shin and Park, 2015), 가공식품(Lim et al., 1994; Sung et al., 2012), 농업(Kim and Hong, 2002; Morton et al., 2010; Chang and Kim, 2011), 산업재료(Lee et al., 2018) 등 다양한 분야에서 활용되고 있다.

본 연구에서는 현재 보편화된 색채공학(Ohta, 1993; Choi and Shin, 2003)적 수법을 이용한 성숙도 측정 시스템 개발을 목적으로, 색차계를 사용하여 개서대의 성숙단계별 생식소의 색채값을 측정하여 개서대 생식소 고유의 색채값 변화자료를 제시하였다. 또한 생식소의 성숙도를 육안으로 판단한 판정값과 비교 분석함으로써 개서대 생식소의 성숙도 판정을 기존의 조직학적 분석방법이 아닌 생식소 고유의 색채값만으로 판정할 수 있는 방법에 대하여 검토하였다.

재료 및 방법

실험어의 전처리 및 생식소의 색채 측정

본 연구에서 사용된 실험어는 2016년 1월부터 2016년 11월까지 매월 서해 남부 연안에서 기선저인망 어업에 의해 어획된 개서대(*C. robustus*) 285개체를 무작위로 표본채집하여 사용하였다. 수집된 개체는 현장에서 빙장 처리하여 연구실로 운반한 뒤, 각 개체의 전장(total length, TL)과 전체중량(total weight)을 측정하였다. 암수판별 및 생식소의 발달단계는 개서대의 복측을 절개하여 생식소(gonad)를 적출한 후, 해부현미경(LEICA L2; Leica, Heerbrugg, Switzerland) 아래에서 성별을 판별하였다. 이후, 정확한 색채를 측정하기 위해 표면의 혈액과 수분을 제거하였다.

실험어의 생식소 색채측정은 생식소를 채취하여 백색도 85%의 백색 용지를 배경으로 하여, 백색용지 위에 생식소를 두고, 형광등 조건의 인공조명 환경에서 색차계(TES-135; color me-

ter gun type; TES Co., Taiwan)를 이용하여 생식소의 색채와 밝기를 측정하였다. 생식소의 색채 측정시 인공조명은 실험실의 천정에 설치되어 시료면에 45°의 각도로 조사하도록 시료의 위치를 확보하여 설정하였고, 색차계의 수광부는 인공조명을 고려하여 입사광과 시료면으로부터 반사된 빛과의 각이 45±10°의 범위를 유지하도록 고정하였다(Ohta, 1993; Choi and Shin, 2003; Choi and Arakawa, 2009; Choi and Hwang 2023). 측정된 생식소의 색채는 Run Color Analyzer 프로그램 이용해 디지털 처리한 후, CIE 1976 $L^*a^*b^*$ 색공간, CIE 1931 XYZ 색공간의 색채값으로 추출하였다. 추출된 색채값은 실험어의 전장, 성별, 생식소 속도 자료와 함께 생식소의 색채 변화 분석에 사용하였다.

또한 CIE 1976 $L^*a^*b^*$ 색공간에서 L^* 값은 색의 밝기를 나타내는 것으로, 10단계로 표시되며, $L^*=0$ 이면 검은색, $L^*=100$ 이면 흰색을 나타내며, 균등색공간 상에서 색채 값의 명암 위치를 나타낸다. a^* , b^* 값은 색채를 표시하며, a^* 는 빨강과 초록 중 어느 쪽으로 치우쳤는지를 수치로 나타내며, a^* 가 음수이면 초록/파랑에 치우친 색이며, 양수이면 빨강/보라 쪽으로 치우친 색을 나타낸다. b^* 는 노랑과 파랑 중 어느 쪽으로 치우쳤는지를 수치로 나타내며, b^* 가 음수이면 파랑 쪽으로, 양수이면 노랑 쪽으로 치우친 색을 나타낸다. CIE 1931 XYZ 색 공간은 Y값이 밝기 또는 조도의 값이 되도록 설계되어 있어 특정 색의 색채는 두 개의 값 X, Y, Z로부터 계산된 값 x, y 로 표현된다.

측정된 색채의 보정 및 생식소 성장단계별 색차 계산

실험어의 생식소로부터 측정된 색채 CIE 1976 $L^*a^*b^*$ 값으로부터 측정 당시의 실험실 환경에 따른 색채값을 보정하였다. 백색 용지 위에 정지된 상태에서 촬영된 생식소의 색채 a^*, b^* 값은 실험실의 인공조명 및 실험테이블 등의 환경조건을 포함한 주변환경의 색채와 생식소의 색채값이 합성 반영된 값이므로, 생식소의 순수한 색채는 환경 색채 a^*, b^* 값과 생식소를 측색한 생식소 부분의 색채 a^*, b^* 값을 각각 x_p, y_p, x_s, y_s 라고 하면, 생식소의 순수한 색채 a^*, b^* 값 x, y 는 측정된 백색 용지의 색채 a^*, b^* 값과 생식소의 색채 a^*, b^* 값의 차로부터 구할 수 있다.

$$x = x_p - x_p, y = y_s - y_s \dots \dots \dots (1)$$

CIE 1976 $L^*a^*b^*$ 색공간에 표시된 생식소의 발달 단계별 색채 값을 각각 L_1^*, a_1^*, b_1^* 및 L_2^*, a_2^*, b_2^* 라고 하면, 2개의 측색 값 사이의 색차 ΔEab^* 는 다음 식에 따라 구하였다(Ohta, 1993; Choi and Shin, 2003).

$$\Delta Eab^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \dots \dots \dots (2)$$

단, $\Delta L^* = L_1^* - L_2^*, \Delta a^* = a_1^* - a_2^*, \Delta b^* = b_1^* - b_2^*$ 이다.

다만, 본 연구에서 L_1^* 와 L_2^* 는 각각 생식소 측정 광환경이 동일하므로 ΔL^* 값은 0으로 하였다. 성숙도 판정은 생식소로부

터 얻어진 각각의 색채 a^* , b^* 값과 생식소 성장 단계별 색채 a^* , b^* 값과의 사이에서 계산된 색차 ΔEab^* 값이 최소인 경우를 측정 대상 생식소의 성숙단계로 판정하였다. 단, 서로 이웃하는 2개의 색채 값과 색차 ΔEab^* 의 최소값이 동일한 경우, 성숙 단계는 2개의 성숙단계 중, 빠른 단계로 판정하였다(Choi and Arakawa, 2009; Choi and Hwang, 2023).

결 과

실험어의 체장별 분포 및 성숙도

실험에 사용된 개서대 암, 수의 전장(total length, TL) 빈도 및 미숙으로 판단된 난소, 정소를 가진 개체들의 체장을 측정된 결과를 Fig. 1A에 나타내었다. 측정된 개서대의 체장은 21-40 cm, TL의 범위에 분포하였고, 어체의 최대 체장은 40 cm, TL을 넘지 않는 것으로 나타났고, 주로 암컷보다 수컷의 개체수가 많은 경향을 나타냈다. 암컷은 체장 31.7 cm, TL을 중심으로 포물선 형태의 빈도분포를 이루고, 수컷은 체장 29.6 cm, TL을 중심으로 포물선 형태의 빈도분포를 이루고 있는 것으로 나타났다.

Fig. 1B는 실험에 사용된 개서대의 정소, 난소를 미숙으로 판정한 경우의 체장별 빈도수를 나타낸 그래프이다. 정소와 난소가 미숙으로 판정된 개서대는 체장 36 cm, TL 이상에서도 미숙으로 판정한 경우가 있었으나, 대체로 체장 30 cm, TL을 중심으로 최소 21 cm, TL, 최대 38 cm, TL의 범위에서 분포하였고, 체장 30-33 cm, TL을 중심으로 미성숙으로 판정되는 빈도가 많았다.

개서대 생식소의 월별 색채 변화

개서대 난소의 월별 색채값 측정 결과를 Fig. 2에 나타내었다. 난소의 월별 색채값은 각 월별로 측정된 색채값 중에서 데이터로서 유효한 값만을 선별한 결과를 나타낸다. 난소의 색채값 측정기간은 개서대에서 난소를 확인할 수 있었던 5월에서 12월이었고, 우리나라에서 개서대의 난소가 성숙하여 산란하는 기간은 6월에서 8월이다. 난소의 월별 색채값 분포는 제1 내지 제4 사분면에서 걸쳐 넓게 분포하였으나 주로 제1사분면의 분포가 많았고, 전체적으로는 원점을 중심으로 색채 a^* 값은 -25-15의 범위에, 색채 b^* 값은 -10-10범위 내에 분포하여 a^* 값이 b^* 값보다 넓은 영역의 범위로 분포하였다. 5월에 측정된 실험어의 난소의 색채값은 원점에서 분포하였고, 6월에는 제1, 2사분면, 7월의 경우, 제1, 2사분면에서 제3, 4사분면으로 경계선을 넘는 값들이 나타났고, 8월은 색채값 전부가 제3, 4사분면으로 이동 분포한 결과를 나타냈다. 9-11월은 제1, 4사분면을 중심으로 제2사분면에도 산발적으로 분포하였고, 10월이후 제3사분면에서 분포는 찾아보기 어려웠다(Fig. 2의 $a^*=0$ 직선 참조). 다만, 12월에는 원점을 중심으로 산발적으로 분포하는 것으로 나타나, 월별 측정된 값을 색변화를 중심으로 살펴보면 8월을 제외하고 원점을 중심으로한 일정색채 영역에서 미소한 색채값의

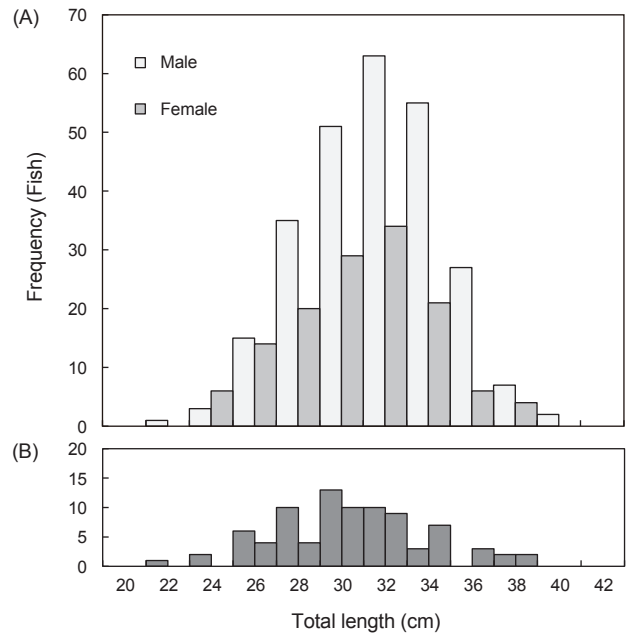


Fig. 1. Frequency distribution of total length (A) and frequency distribution of total length of the immature stage (B) of tonguefish *Cynoglossus robustus*.

변화를 갖는 것으로 나타났다.

Fig. 3은 개서대 정소의 월별 색채값 측정 결과를 나타낸다. 정소의 색채값 측정기간은 개서대에서 정소를 확인할 수 있었던 5월에서 12월로서 우리나라에서 개서대의 정소가 성숙하여 방정하는 기간은 6월에서 8월이다. 정소의 색채값 분포 역시 난소와 마찬가지로 5월 6월은 주로 제1, 2사분면에서 분포하였고 7월은 좌표 b^* 값이 (-)값을 갖는 개체수가 확인되었고, 8월은 a^* , b^* 좌표값이 (-)값을 갖는 개체수가 증가하는 방향으로 이동 분포하였다. 9월에서 10월은 좌표 b^* 값이 (+)값을 갖는 제1, 2사분면의 색채값으로 이동하는 경향을 보였고, 이러한 경향은 11, 12월까지 지속되었다. 정소의 색채값은 전반적으로 a^* 값은 -20에서 10의 범위에, b^* 값은 -5에서 10범위 내에 분포하여 a^* 값이 b^* 값보다 넓은 영역에서 분포하였다. 개서대의 난소와 정소를 월별로 측정된 색채값의 변화는 원점을 중심으로 일정한 영역에서 미소한 변화를 갖는 것으로 나타났다.

생식소의 성숙단계별 색채 변화

생식소의 성숙단계를 난소의 외부형태에 따라 육안으로 분류한 후, 색차계에 의한 색채값을 측정하여 개서대 난소의 성숙단계별로 정리한 색채값 분포를 Fig. 4에 나타내었고, 개서대 정소의 성숙 단계별 정리한 색채값 분포를 Fig. 5에 나타내었다. 일반적으로 국내의 어류의 성숙단계는 난소조직과 외부형태에 따라 미숙(immature), 중숙(developing stage), 성숙(maturing stage), 완숙(spawning stage), 회복(spent stage)의 발달단계로

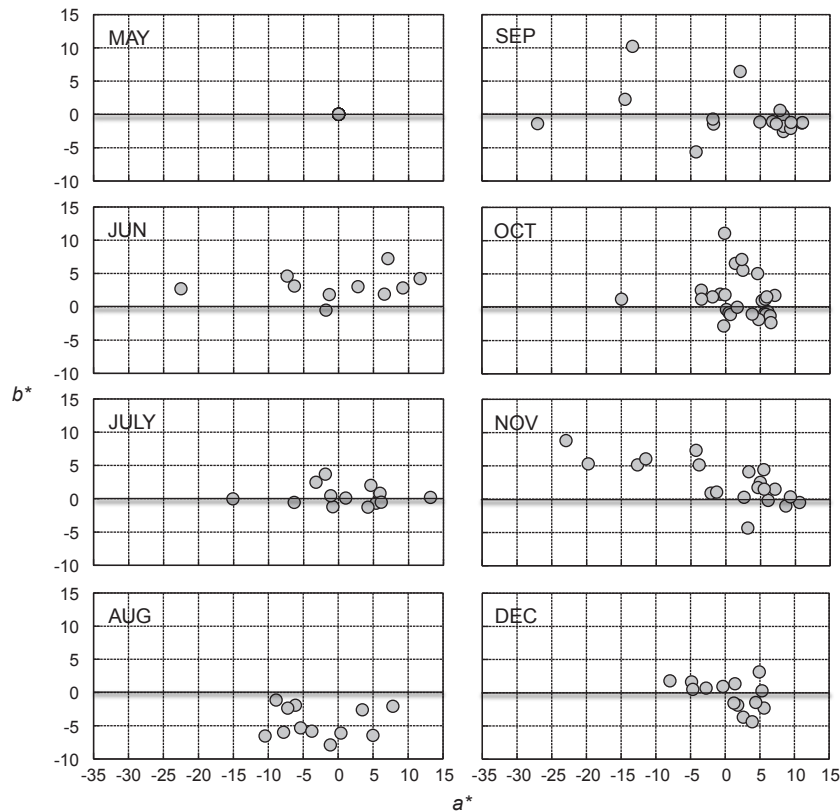


Fig. 2. Monthly changes in digital color values in CIE 1976 $L^*a^*b^*$ color space in the ovaries of tonguefish *Cynoglossus robustus* and the thick line in the graph indicates $b^*=0$.

분류할 수 있다(Seo et al., 2007; Lee et al., 2017a). 본 연구에서는 개서대의 산란 및 방정 시기를 추정하기 위한 목적이므로 난의 성숙단계를 생식소 조직세포결과의 성숙단계와 대응되도록 미숙(immature), 중숙(maturing stage), 성숙(mature stage), 완숙(spawning stage), 방중(spent stage)와 별도로 회복기(recovery stage)를 더하여 총 6단계로 분류하여 생식소 성숙단계별 색채값을 색차표 평면상에서 나타내어 변화 경향을 살펴보았다.

개서대 난소의 색채값을 성숙 단계별로 분류한 결과를 살펴보면, 미숙과 중숙 단계는 제3사분면을 제외한 제1, 2, 4사분면에 분포하였다. 완숙 및 방중단계는 색채 a^* , b^* 값이 (-)값을 갖는 제3사분면을 포함하여 원점을 중심으로 제1 내지 제4사분면 모두의 범위에서 분포한 것으로 나타났다. 이후 회복단계는 미숙단계와 동일하게 제3사분면을 제외한 제1, 2, 4사분면에 분포한 것으로 나타났다. 난소의 성숙단계별 색채값은 미숙과 중숙 및 회복단계가 동일 범위의 색채값을 갖고, 완숙 및 방중단계의 색채값이 동일 범위의 색채값을 갖는 것으로 분리 가능하였다(Fig. 4).

개서대 정소의 성숙단계별 색채값 분포를 살펴보면, 미숙기는 난소의 변화경향과 마찬가지로 제3사분면을 제외한 제1, 2, 4사분면에서 분포하였고, 중숙 및 완숙의 경우, 제3사분면에 분포

하는 개체가 증가하였다. 방중단계의 경우 색채 a^* , b^* 값이 (-)값을 갖는 제1, 3사분면에 분포하는 개체가 증가하여 원점을 중심으로 제1 내지 제4사분면 모든 범위에서 분포하고 있는 것으로 나타났다. 특히 방중단계는 완숙단계와 같이 제3사분면에 분포하는 개체가 확인되나, 색채 a^* 값이 감소하는 방향으로 넓은 범위에서 분포하였다(Fig. 5).

CIE XYZ 색공간의 생식소의 색채값 분석

개서대 난소의 성숙단계별로 측정된 색채값을 CIE XYZ 색공간 평면상에 정리한 결과를 Fig. 6에 나타내었다. 각 성숙단계별 색채값 분포는 x축 0.3–0.4, y축 0.3–0.4의 흰색영역을 중심으로 분홍색에서 빨간색부분의 한정된 범위에서 대부분의 색채값이 중복되는 경우가 많은 것으로 나타났다. 색채분포가 밀집된 흰색 주변영역 이외의 색채값 분포는 미숙, 회복단계가 초록색(510 nm) 방향으로 이동하면서 분포하였고, 완숙, 방중단계의 색채분포는 연한 파랑에서 초록색(490–520 nm)의 방향으로 넓게 분산되는 경향을 나타내었다.

개서대 정소의 성숙단계별로 측정된 색채값을 CIE XYZ 색공간 평면상에 정리한 결과를 Fig. 7에 나타내었다. 각 성숙단계별 색채값 분포는 x축 0.3–0.4, y축 0.3–0.4의 흰색영역을 중심으

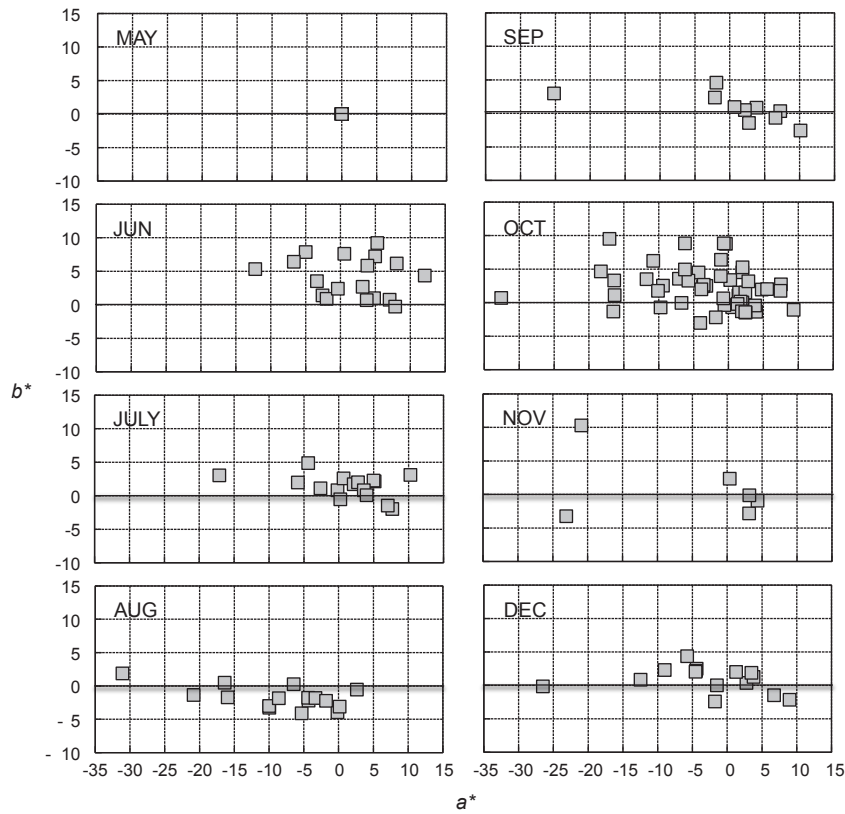


Fig. 3. Monthly changes in digital color values in CIE 1976 $L^*a^*b^*$ color space the testes of tonguefish *Cynoglossus robustus* and the thick line in the graph indicates $b^*=0$.

로 초록색에서 노랑색 부분의 한정된 범위에서 대부분의 색채 값이 중복되는 경우가 많은 것으로 나타났다. 색채분포가 밀집된 흰색 주변영역 이외의 색채값 분포는 미숙, 중숙, 완숙 방중 단계 모두 초록색(500–510 nm) 방향으로 이동하여 난소의 성장단계별 분산폭에 비해 좁은 범위에서 변화하는 경향을 보였다. 이와 같은 결과는 개서대 난소와 정소의 성숙단계별 색채값의 분포가 특정의 범위에서 겹치는 부분이 많아 유사한 색채값으로 표현되어 인간의 시각 및 기계적 색차에 의한 구분이 어려운 것으로 나타났다.

고찰

본 연구에서 채집된 개서대의 체장 분포를 살펴보면 전장 21–40 cm, TL의 범위에서 전장 29–31 cm, TL을 중심으로 소형어 방향은 완만하고, 대형어 방향은 급격한 정규분포 형태를 이루고 있는 것으로 나타났다. 개서대의 평균 체장을 2007년의 결과와 비교하면(Seo et al., 2007), 암컷의 평균 체장은 30.3 cm에서 31.7 cm로, 수컷의 평균 체장은 28.5 cm에서 29.6 cm로 10여년 동안 평균 체장은 약 1 cm 증가한 것으로 나타났다. 또한 정소와 난소가 미숙으로 판정된 개서대는 전장 30 cm, TL을 중심으

로 최소 21 cm, TL 최대 38 cm, TL의 범위에서 분포하였다. 전장 29–33 cm, TL을 중심으로 미성숙으로 판정되는 빈도가 많은 점을 고려하면 고연령 개체군보다 어린 개체군의 구성이 높은 것으로 사료된다. 특히, 개서대를 어획대상으로 하는 저인망 어업은 저층어망을 동력선이 예인하면서 적극적으로 어획하는 어법인 점을 고려하면, 본 연구에서 채집된 개서대는 유영능력이 비교적 약한 어린 개체들이 주로 어획된 것으로 추정되었다. 따라서 저인망 어구의 어획선택성에 대한 어획방법 개선 및 어린 개체군의 자원관리가 필요한 것으로 판단된다.

개서대 생식소의 월별 색채값 변화를 살펴보면 5월은 흰색을 나타내는 원점에서 분포하였으나, 6월부터 7월은 색채값 $b^*=0$ 직선을 기준으로 위쪽 제1, 2사분면에서 아래쪽 제3, 4사분면으로 이동하는 경향을 보였다. 색채는 초록색과 적색의 변화를 나타내는 a^* 값이 노랑색과 파랑색의 변화를 나타내는 b^* 값의 분포보다 넓은 폭의 범위에서 분포하였다. 8월의 생식소 색채값은 $b^*=0$ 직선을 기준으로 아래쪽 제3, 4사분면으로 이동하여, a^* 값의 분포 폭이 b^* 값의 분포 폭보다 넓은 폭의 범위에서 분포하였다. 일반적으로 개서대의 주 산란기가 6월에서 8월로 알려진 점을 고려하면(Seo et al., 2007), 산란 전후로 생식소의 색채는 b^* 값이 (+)값에서 (-)값 방향으로 이동 변화하는 특징을 갖는 것으

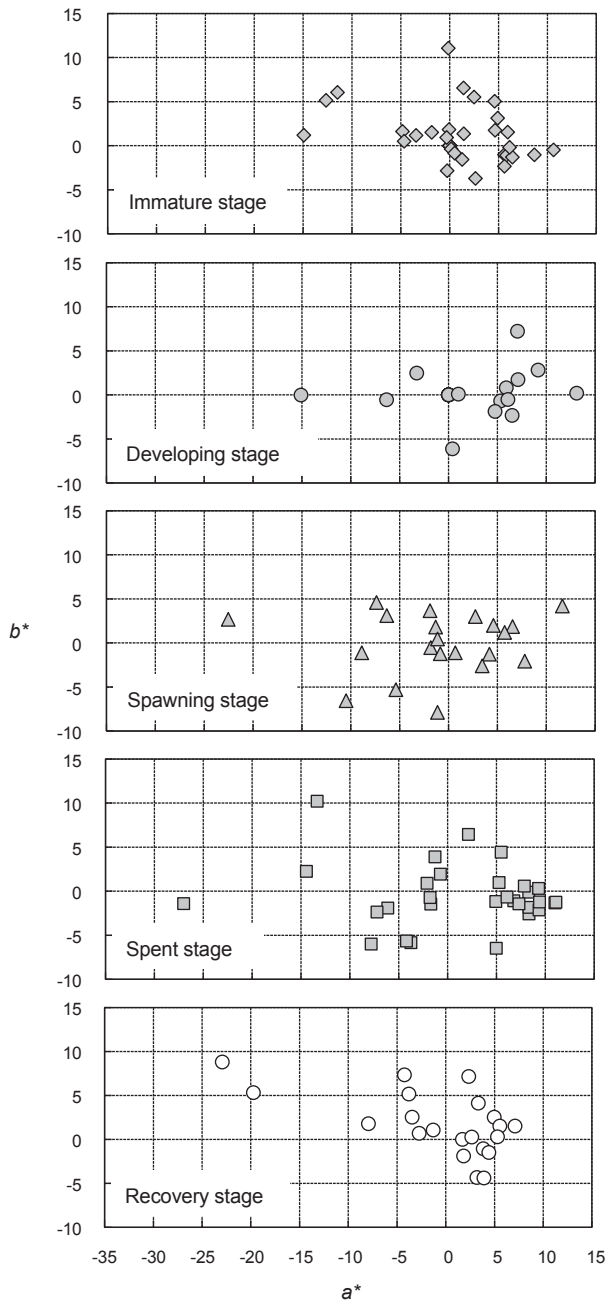


Fig. 4. Changes in digital color values in CIE 1976 $L^*a^*b^*$ color space at each stage of ovaries maturation in tonguefish *Cynoglossus robustus*.

로 해석된다. 9월부터 12월까지 색채 b^* 값은 역으로 (-)값에서 (+)값으로 점차 이동하는 개체들이 증가하는 경향을 고려하면, 개서대 생식소의 산란기 전후의 색채값 판단은 b^* 값 0을 기준으로 b^* 값이 (+)값 또는 (-)값을 갖는지 여부에 따라 구별가능한 것으로 판단된다(Fig. 2, Fig. 3의 $b^*=0$ 직선 참조).

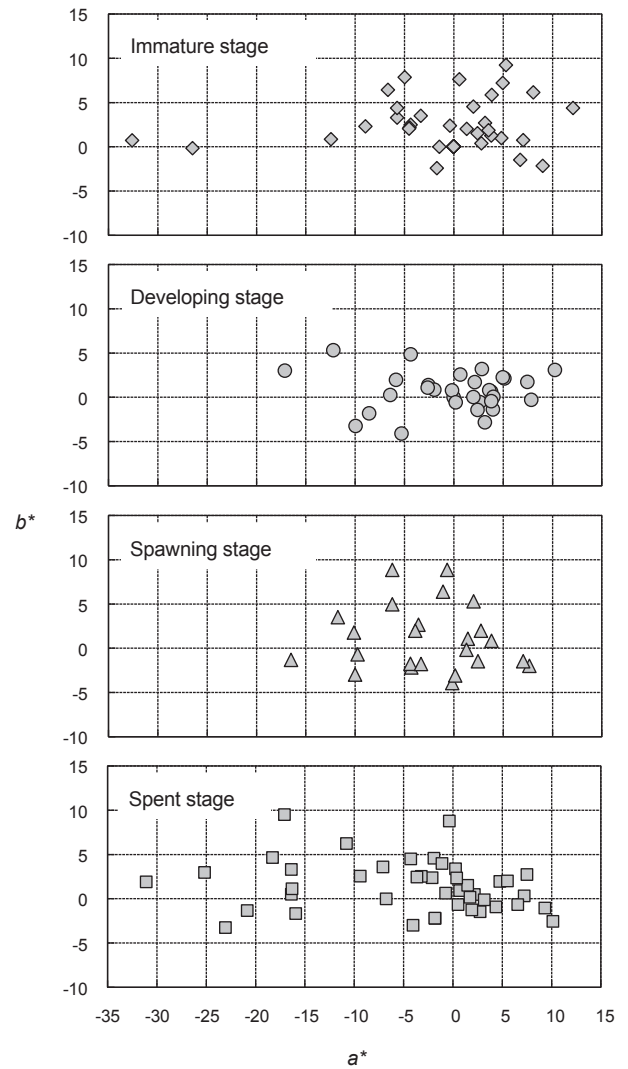


Fig. 5. Changes in digital color values in CIE 1976 $L^*a^*b^*$ color space at each stage of testes maturation in tonguefish *Cynoglossus robustus*.

이와 같은 색채변화는 생식소의 월별 색채값 변화가 명확히 구분되는 보구치, 민어의 결과와는 대비되는 것으로(Jeong et al., 2024a, 2024b), 개서대 특유의 생식소 변화 특성으로 판단된다. 다시 말하면, 개서대의 생식소의 성숙단계별 색채변화는 다른 어종과는 달리 좁은 색채영역 범위에서 이동 분포하는 경우가 많아 색채값 만으로는 성숙단계를 명확히 분리하기가 어렵다는 것을 의미한다(Fig. 4, Fig. 5). 특히, xy 색공간의 생식소의 색채값 분석 결과를 살펴보면, 난소, 정소의 성숙단계별 색채변화는 모두 백색을 나타내는 x, y 값 0.34의 중심영역에서 대부분의 값이 다른 값들과 겹치는 값으로 분포하여 성숙단계별 색채값의 구분은 매우 어려운 것으로 나타났다. 즉, 실험관찰자는 난소, 정소의 완숙과 방중단계에 해당하는 값을 육안으로 구분

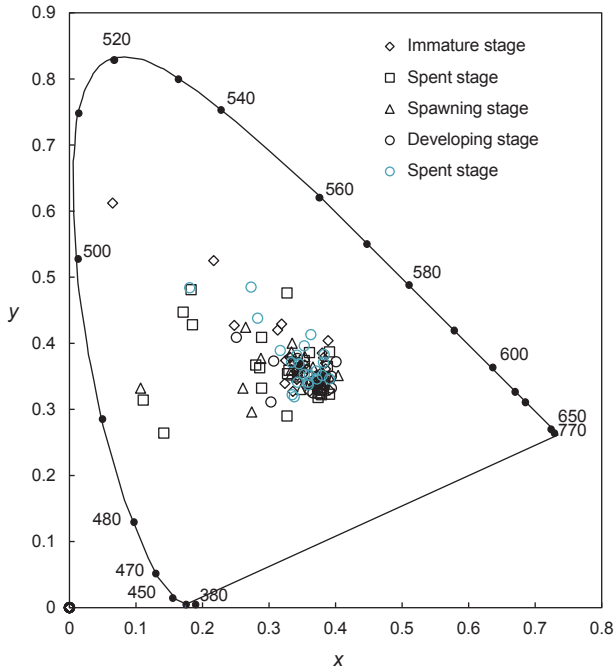


Fig. 6. Changes in xy color values in CIE XYZ color space at the mature, maturing, and spawning stages in the ovaries of tonguefish *Cynoglossus robustus*.

하여 판단하였으나, 이는 인간의 시각적 감각이 생식소의 모양과 형태를 종합적으로 고려한 판단값으로, 색채적으로는 동일한 성숙단계임에도 불구하고 서로 다른 성숙단계로 구분하여 판단했다는 것을 의미한다(Fig. 6, Fig. 7).

다만, 난소의 경우, 완숙과 방중으로 판정된 값은 다른 성숙단계의 색채값과 달리 제3사분면에서 분포하는 개체가 일부 확인되었고, 이와 같은 결과는 정소의 경우에서도 완숙, 중숙 및 방중단계의 색채값에서 제3사분면에서 (-)값을 갖는 개체가 일부 확인되었다. 색채값의 변화를 토대로 성숙단계를 정교하게 구분한다면 산란기의 판단은 월별 색채값 변화에서 살펴본 바와 같이 국내에서 시간적 산란기가 6-8월이므로, 7, 8월 전후의 생식소 색채 b*값이 (+)값에서 (-)값으로 변화하는 경우를 산란기 또는 산란중인 개체로 특징하는 것이 효과적일 수 있다는 점을 시사한다.

따라서 색채값만으로 개서대 생식소의 성숙단계를 판단하는 경우, 성숙단계별 색채차이를 구분하는 것은 매우 어려우므로, 완숙과 방중단계를 하나의 단계로 포함하고 미숙과 회복단계를 포함한 나머지 단계로 구분하여 2-3단계의 성숙단계로 구분하는 것이 적절한 것으로 판단된다. 또한 개서대 생식소의 성숙도 판정은 난소와 정소의 경우, 성숙단계에 따라 색채변화폭이 작아 육안 판단이 어려우므로 성숙단계를 단순화하는 한편 색채값 뿐만 아니라 월별 색채 값을 판단의 자료로 반영하여 성숙단계를 구분하는 것이 바람직한 것으로 사료된다.

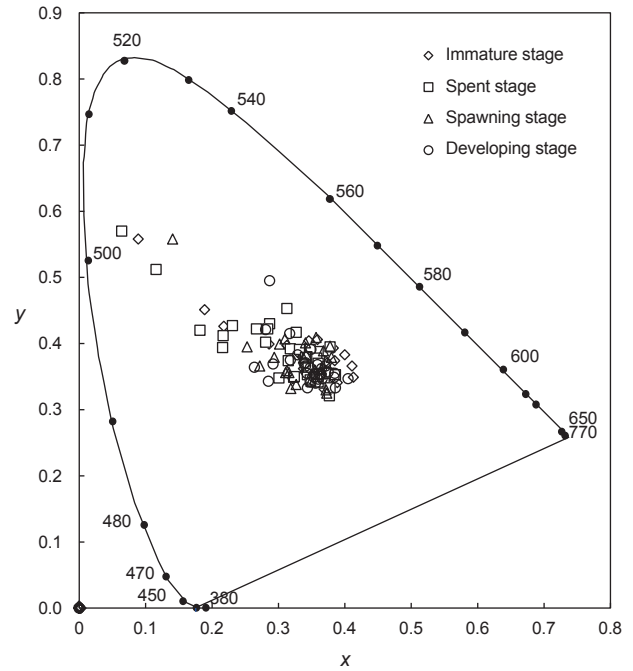


Fig. 7. Changes in xy color values in CIE XYZ color space at the mature, maturing, and spawning stages of the testes of *Cynoglossus robustus*.

이상과 같이 본 연구는 어획된 개서대의 체장 측정 후, 복부를 절개하여 암수를 판별하고, 디지털 색채값을 측정하는 것으로 생식소 성숙단계 변화를 확인할 수 있었다. 이로부터 디지털 색채 측정값을 이용한 생식소 판단수법은 매년 산란기마다 수산생물을 확보하여 생식소의 조직학적 분석을 해야만 하는 현재의 산란기 추정방법에 따른 시간과 노력을 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

사 사

본 연구의 실험데이터 이용에 많은 도움을 주신 국립수산물학원 남해수산연구소 기후환경자원과 담당자 여러분들께 깊은 감사를 드립니다.

References

Baek GW and Huh SH. 2004a. Age and growth of three-lined tonguefish (*Cynoglossus abbreviatus*) (Soleidae; Teleostei). *J Kor Fish Soc* 37, 51-56. <https://doi.org/10.5657/kfas.2004.37.1.051>.

Baek GW and Huh SH. 2004b. Age and growth of red tongue sole (*Cynoglossus joyneri*) in the Southern Sea of Korea. *J Kor Fish Soc* 37, 307-311. <https://doi.org/10.5657/kfas.2004.37.4.307>.

- Baeck GW and Huh SH. 2004c. Feeding habits of robust tonguefish, *Cynoglossus robustus* collected in the coastal waters of Yosu, Korea. *Kor J Ichthyol* 16, 341-347.
- Chang Y and Kim K. 2011. Effects of pre-treatment and drying methods on the quality and physiological activities of garlic powders. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40, 1680-1687. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2011.40.12.1680>.
- Chapleau F. 1988. Comparative osteology and intergeneric relationships of the tongue soles (Pisces; *Pleuronectiformes*; *Cynoglossidae*). *Can J Zool* 66, 1214-1232. <https://doi.org/10.1139/z88-177>.
- Choi SJ and Arakawa H. 2009. Assessment of seawater color by digital photographic imaging. *J Kor Soc Fish* 42, 171-178. <https://doi.org/10.5657/kfas.2009.42.2.171>.
- Choi SJ and Hwang SI. 2023. Analysis of optical water type using of digital visualization. *Korean J Fish Aquat Sci* 56, 923-929. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2023.0923>.
- Choi SJ and Shin JC. 2003. *Color Engineering*. Kukje Publishing, Seoul, Korea, 177-189.
- Choi Y, Kim IS, Park JY, Chung EY and Ryu BS. 1995. Ecology of *Cynoglossus joyneri* Gunther from the Western Coast of Korea. *Kor J Ichthyol* 7, 56-63.
- Chyung MK. 1977. *The Fishes of Korea*. Il-ji Publishing, Seoul, Korea, 727.
- Fujita S, Kitajima C and Hayashida G. 1986. Induction of ovarian maturation and development of eggs, larvae and juveniles of the tonguefish, *Cynoglossus abbreviatus*, reared in the laboratory. *Japan J Ichthyol* 33, 304-315.
- Jeong JM, Kim YH, Moon KJ and Choi SJ. 2024a. Determination of maturity gonads for white croaker *Pennahia argentatus* using digital color analysis. *Korean J Fish Aquat Sci* 57, 145-152. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2024.0145>.
- Jeong JM, Kim YH, Moon KJ and Choi SJ. 2024b. Determination of maturity gonads for brown croaker *Miichthys miiuy* using digital color analysis. *Korean J Fish Aquat Sci* 57, 253-261. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2024.0253>.
- Kim JG, Reu DS and Park JY. 2017. Oogenesis of *Microphysogobio yaluensis* (Pisces, Cyprinidae) in the Korean Endemic Species. *Korean J Ichthyol* 29, 252-257.
- Kim IS and Choi Y. 1994. A taxonomic revision of the family Cynoglossidae (Pisces, Pleuronectiformes) from Korea. *Bull Korean Fish Soc* 27, 803-813.
- Kim, IS, Choi Y, Lee CL, Kim YJ, Kim BJ and Kim JH. 2005. *Illustrated book of Korean fishes*. Kyo-hak Publishing, Seoul, Korea, 615.
- Kim KI and Hong SD. 2002. Relationship between soil color characteristics and measurement values by colorimeter. *Korean J Soil Sci Fert* 35, 77-86.
- Lee SH, Chung SD, Kim YH and Yoo JT. 2017a. Maturity and spawning of brown croaker *Miichthys miiuy* in the South-western Water of Korea. *Korean J Ichthyol* 29, 109-116.
- Lee SH, Chung SD, Kim YH and Yoo JT. 2017b. Age and growth of brown croaker *Miichthys miiuy* in the South-western Water of Korea. *Korean J Ichthyol* 29, 69-74.
- Lee SY, Kim YH, Lee JE and Hwang EK. 2018. Evaluation of the discoloration of *Pyropia yezoensis* ueda using a colorimeter. *Korean J Environ Biol* 36, 620-625. <https://doi.org/10.11626/KJEB.2018.36.4.620>.
- Lim SD, Kim KS, Kim HS, Chung SH and Kang TS. 1994. Studies on rapid microbiological testing method of raw milk by applied resazurin reduction test (RRT) method: I. Bacterial counting method by color value. *Korean J Dairy Sci* 16, 92-98.
- Menon AGK. 1977. A systematic monograph of the tongue soles of the genus *Cynoglossus* Hamilton-Buchanan (Pisces: Cynoglossidae). Smithsonian Institution Press, Washington, NC, U.S.A., 1-108. <https://doi.org/10.5479/si.00810282.238>.
- Morton M, Williams DL, Hjorth HB and Smith JH. 2010. Machine-smoking studies of cigarette filter color to estimate tar yield by visual assessment and through the use of a colorimeter. *Regul Toxicol Pharmacol* 56, 321-331. <https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2009.10.004>.
- Ohta N. 1993. *Color Engineering*. Tokyo Denki University Press, Tokyo, Japan, 115-170.
- Okiyama M. 1988. *An Atlas of the Early Stage Fishes in Japan*. Tokai University Press, Tokyo, Japan, 1157.
- Seo YI, Kim JI, Oh TY, Lee SK, Kim ST and Joo H. 2007. Age and growth of the robust tonguefish, *Cynoglossus robustus* in the Southern Sea of Korea. *Korean J Ichthyol* 19, 324-331.
- Shin HS and Park YS. 2015. A comparative analysis on complexion and skin color in 20s-30s and 40s-50s by frequency of L*a*b values. *J Korean Soc Color Stud* 29, 103-113. <https://doi.org/10.17289/jkscs.29.2.201505.103>.
- Sung M, Kang HJ and Kim Y. 2012. Relationship between physicochemical and sensorial properties of red pepper powder under different storage condition. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41, 1423-1430. <http://dx.doi.org/10.3746/jkfn.2012.41.10.1423>.
- Wan RJ, Jiang YW and Zhuang ZM. 2004. Morphological and developmental characters at the early stages of the tonguefish *Cynoglossus semilaevis*. *Acta Zool Sin* 50, 91-102.