

자바리(*Epinephelus moara* ♀)와 대왕바리(*E. lanceolatus* ♂) 간 교잡종 대왕자바리의 형태 비교

박종연 · 김용휘 · 방인철*

순천향대학교 생명시스템학과

Comparison of Morphological Characteristics and Its Parent Species Hybrid Grouper between a *Epinephelus moara* ♀ and *E. lanceolatus* ♂

Jong Yeon Park, Yong Hwi Kim and In-Chul Bang*

Department of Life Science & Biotechnology, College of Natural Sciences, Soonchunhyang University, Asan 31538, Korea

As grouper aquaculture production intensifies worldwide, hybrids are increasingly produced to induce heterosis of traits such as rapid growth and strong environmental adaptability. In this study, we compared the morphological characteristics of a hybrid grouper to those of its parent species *Epinephelus moara* and *E. lanceolatus*. The coefficients of external and skeletal traits evaluated using soft X-rays did not differ significantly among groups; however, several patterns were detected among measured traits. The body depth (BD), length of caudal peduncle (LCP), and pre-anal fin length (PAL) of the hybrid were the same as those of *E. moara*, whereas the pre-pectoral fin length (PPL) and interorbital width (IOW) of the hybrid were the same as those of *E. lanceolatus*. Traits that did not differ significantly among the three groups included pre-dorsal fin length (PDL), pre-ventral fin length (PVL), length of anal fin (LAF), and length of dorsal fin (LDF), whereas the depth of caudal peduncle (DCP) and snout length (SNL) showed intermediate traits, and eye diameter (ED) was significantly smaller in the hybrid. Therefore, intermediate traits such as DCP and SNL and specific traits such as ED may be used as indices for hybrid classification.

Keywords: Hybrid grouper, Morphology, Hybrid index, *Epinephelus moara*, *E. lanceolatus*

서론

바리과(family Serranidae) 어류는 조기강(Actinopterygii) 농어목(Perciformes)에 속하는 해산어로 전 세계적으로 75속 582종이 분포하고 있다(California academy of sciences, 2020; Nelson, 2006). 주요 서식지는 수온이 비교적 높은 태평양 및 인도양으로 암초와 산호초 지대에서 발견되며, 우리나라에서는 남해 일부 지역과 제주도 연안에서 자바리, 붉바리 등 12속 27종이 서식하고 있는 것으로 알려져 있다(Kim et al., 2014; Park, 2016a; Tahir et al., 2018). 전 세계 바리과(Serranidae, groupers) 어류 양식생산량은 183,989톤으로 중국에서 71.5%로 대부분을 차지하고 있으며 그 외 대만, 인도네시아 말레이시아 순으로 동남아시아 지역에서 양식생산되고 있다. 2010년 79,692톤에서 2017년 183,989톤으로 230% 증가해 바리과 어

류 양식생산량은 매년 증가하는 추세이다(FAO, 2017). 대부분의 바리과 어류가 활어시장에서 높은 가격을 형성하고 있으며, 시장 수요의 증가와 암초 양식 어류의 수익성 및 높은 인식으로 인해 많은 동남아시아와 태평양 국가들이 야생 포획 어업과 양식업을 통해 부가가치가 높은 것으로 보이는 바리과 어류 무역에 초점을 맞추고 있다(Sadovy, 2000).

자바리(*E. moara*)는 산호초 및 암초지역에 서식하는 어류로 다른 아열대 바리과 어류에 비해 저수온 내성을 가지고 있으며, 고급 어종으로 생선회 요리로 훌륭하지만 성장이 느리다는 단점이 있고 대왕바리(*E. lanceolatus*)는 성장이 빠르고 고수온 내성을 가지고 있지만 저온에 약하다는 단점이 있다(Song et al., 2005; Park, 2016b). 교잡생산은 다른 두 종의 유익한 형질을 결합하여 교잡에 의해 잠재적인 우성형질을 얻기 위해 인공번식에 종종 사용되는 경제적으로 주요한 생산방식이다. 바리과

*Corresponding author: Tel: +82. 10. 8870. 0474 Fax: +82. 504. 390. 0474

E-mail address: incbang@gmail.com



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.2020.0572>

Korean J Fish Aquat Sci 53(4), 572-576, August 2020

Received 24 June 2020; Revised 14 July 2020; Accepted 11 August 2020

저자 직위: 박종연(선임연구원), 김용휘(연구원), 방인철(교수)

에서 교잡종은 빠른 성장과 뛰어난 환경적응력 같은 장점은 증대시키고 낮은 부화율과 같은 단점을 없애기 위해 생산되며 이러한 잡종강세가 상업적 양식에서 이용되고 있다(Feliner and Aguilar, 1998; James et al., 1999). 이미 동남아시아 특히 말레이시아 지역에서는 내병성과 속성장 등의 이점을 활용하기 위해 교잡종을 생산하고 있으며, 양식생산량의 70%를 차지하고 있다(Ch'ng and Sensoo, 2008; Addin and Senoo, 2011).

형태학적인 연구는 주로 분류학적인 측면에서 종을 구분 짓기 위한 계측 또는 계수형질과 같은 특정 형질을 찾아 어류 분류 방법으로 연구되거나 형태로 서식환경 등의 생태학적인 요소를 추측하고자 하는 연구 또는 형태학적으로 배수체 사이의 차이를 검출하는데 연구되었다(Douglas and Matthews, 1992; Huang et al., 2016).

바리와 어류에서 계수형질은 Liu et al. (2013)의 연구에서 자바리의 계수형질 그리고 Myoung et al. (2013)과 Jawad et al. (2019)의 연구에서 대왕바리의 계수형질을 기록하여 해당 계수형질을 바탕으로 본 연구에서 자바리, 대왕자바리 그리고 대왕바리를 비교하였으나, 계측형질은 바리와 내에서 연구된 바가 적어 부모종과 유의한 차이를 보이는 형질을 알아보기 위해 Hubbs and Lagler (2004)의 방법에 따라 계측하였다. 본 연구는 개발된 신포종 대왕자바리의 형태 및 골격 형질을 비교하여 형태적 특징 자료를 축적함과 동시에 계수계측 자료를 근간으로 hybrid index를 구축하여 형태학적 동정 가능성을 밝히고자 하였다.

재료 및 방법

표본의 확보

자바리 샘플은 전라북도 무안군에서 반유수식으로 관리하고 있는 체장 113.5 ± 5.7 mm, 두장 47.5 ± 2.9 mm 범위의 19개체, 대왕바리 샘플은 대만의 평동현 지동항에 위치한 종자생산업체에서 체장 123 ± 5.9 mm, 두장 52.4 ± 0.9 mm 범위의 20개체를 구매하여 현지에서 10% 포르말린에 고정 후 실험실로 운반하였고, 치어 때의 무늬가 뚜렷하게 나타나는 개체를 사용하였다. 대왕자바리 샘플은 제주도 서귀포시 성산읍 육상수조에서 관리하고 있던 체장 155.3 ± 8.9 mm, 두장 65.3 ± 3.3 mm 범위의 20개체를 확보하였다. 3종 모두 10% 포르말린에 고정하여 실험실로 운반하였으며, 당 년생을 사용하였다.

자바리, 대왕바리, 대왕자바리 계수 및 계측

각 샘플 형태 분석에 있어서 계측형질은 대부분 Hubbs and Lagler (2004)의 방법에 따라 측정하였으며 체장(standard body length)에 대한 체고(body depth, BD), 등지느러미기점거리(pre-dorsal fin length, PDL), 가슴지느러미기점거리(pre-pectoral fin length, PPL), 배지느러미기점거리(pre-ventral fin length, PVL), 뒷지느러미기점거리(pre-anal fin length, PAL),

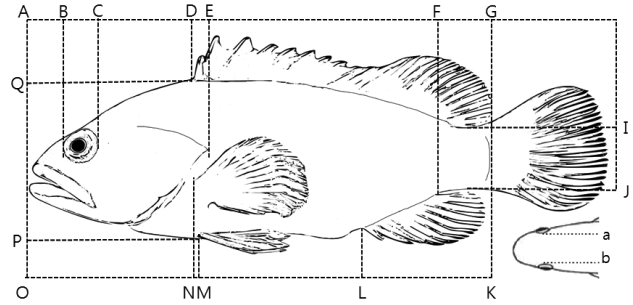


Fig. 1. Morphological traits were measured on fish using electronic calipers. A-B, Snout length; A-D, Pre-dorsal length; A-E, Head length; A-G, Standard body length; B-C, Eye diameter; F-G, caudal peduncle length; I-J, Caudal peduncle depth; O-N, Pre-pectoral length; O-L, Pre-anal fin length; O-M, Pre-ventral fin length; P-Q, Body depth; a-b, Interorbital width.

등지느러미길이(length of dorsal fin, LDF), 뒷지느러미길이(length of anal fin, LAF), 미병장(caudal peduncle length, LCP), 미병고(caudal peduncle depth, DCP)의 비를 구하였고, 두장에 대하여 문장(snout length, SNL), 안경(eye diameter, ED), 양안간격(interorbital width, IOW)의 백분율을 산출하였다(Fig. 1). 계수형질은 각 지느러미의 기조(극조+연조), 측선비늘수, 새파수를 계수하였고, 척추골수는 mammography (GE senographe 2000D, Block imaging, Holt, MN, USA)를 판독하여 계수하였다. 계측형질은 1/20 mm 버니어캘리퍼스(Mitutoyo)로 0.1 mm까지 기록하였다. 대왕자바리의 계수 및 계측형질 중 자바리와 대왕바리와 유의하게 같거나 차이가 나는 항목을 분류하여 hybrid index를 정리하였다.

통계처리

대왕바리, 자바리, 대왕자바리의 계수 및 계측형질 실험결과를 토대로 통계처리는 SPSS 20 (IBM SPSS Statistics Version 20 program, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 one-way ANOVA test를 수행하였으며, 등분산 가정이 되는 실험구는 Duncan's test, 등분산 가정이 안 되는 실험구는 Games-Howell test로 평균 간의 유의성을 95% 수준에서 검정하였다.

결과 및 고찰

대왕바리, 자바리와 비교하여 대왕자바리의 형태적 특징을 계수·계측하였다. 계수형질의 경우 복추골 10개, 꼬리골 14개와 극조 3개, 연조 8개로 차이가 없었으며, 등지느러미 극조는 3종 모두 11개로 같았으나, 연조수가 대왕바리는 14-15, 자바리는 13-15, 대왕자바리가 14-16개로 대왕자바리와 자바리 1마리씩 대왕자바리와 차이가 보이는 개체가 있었다. 가슴지느러미 기조는 대왕바리 2마리에서 19개가 관측되었으며 그 외 대왕자바리와 자바리는 같이 17-18개의 기조수를 보였다. 배지느러미의 경우 대왕바리와 대왕자바리는 극조 1개와 연조 5개가 관찰



Fig. 2. Comparison anatomical and outward shape among *Epinephelus moara* (upper), *E. lanceolatus* (lower) and their hybrid (middle).

되었고 자바리에서 연조가 6개인 샘플이 3마리 관찰되었다. 새 파수는 대왕바리는 22-24개, 대왕자바리는 21-24개, 자바리는 19-23개로 유의한 차이를 보이지 않았다(Fig. 2).

대왕자바리의 체장에 대한 미병고(DCP)와 두장에 대한 문장(SNL)의 비율이 대왕바리와 자바리의 중간형질을 띄었다. 미병고(DCP)의 경우 대왕바리가 $13.3 \pm 1.4\%$, 대왕자바리가 $12.2 \pm 0.2\%$, 자바리가 $11.4 \pm 0.5\%$ 로 대왕자바리가 대왕바리와 자바리의 중간형질을 띄며 자바리와 대왕바리는 유의한 차이를 보였으나 대왕자바리는 두 종과는 유의한 차이를 보이지 않았다. 두장에 대한 문장(SNL)의 백분율은 대왕바리 $24.5 \pm 0.6\%$, 대왕자바리 $26.7 \pm 1.2\%$, 자바리 $28.9 \pm 0.9\%$ 로 대왕자바리가 대왕바리와 자바리의 중간형질을 띄면서 3종 모두 유의한 차이를 보였다.

부모와 다르지 않는 계측형질에는 등지느러미기점거리(PDL), 배지느러미기점거리(PVL), 뒷지느러미길이(LAF), 등지느러미길이(LDF)가 있다. 등지느러미기점거리(PDL)의 비율은 대왕바리, 대왕자바리, 자바리 각각 $40.3 \pm 1.3\%$, 39.4

$\pm 0.4\%$, $39.3 \pm 1.0\%$ 이었으며, 배지느러미기점거리(PVL)는 $40.0 \pm 0.5\%$, $40.4 \pm 0.5\%$, $42.6 \pm 3.8\%$, 뒷지느러미(LAF)는 $16.5 \pm 0.9\%$, $16.7 \pm 0.6\%$, $15.7 \pm 0.1\%$, 등지느러미(LDF)는 $53.6 \pm 2\%$, $54.2 \pm 0.9\%$, $51.4 \pm 1.3\%$ 로써 서로 유의한 차이를 보이지 않았다.

대왕자바리가 자바리를 따르는 계측형질에는 체장에 대한 체고(BD), 미병장(LCP), 뒷지느러미기점거리(PAL)의 비율이 해당되며, 체고(BD)는 대왕바리, 대왕자바리, 자바리 각각 $34.2 \pm 2.0\%$, $30.6 \pm 0.0\%$, $28.3 \pm 1.7\%$, 미병장(LCP)은 $19.5 \pm 0.9\%$, $17.1 \pm 0.1\%$, $17.7 \pm 0.2\%$, 뒷지느러미기점거리(PAL)는 $67.7 \pm 2.1\%$, $72.1 \pm 0.8\%$, $71.5 \pm 0.9\%$ 로 자바리와 대왕자바리가 유의한 차이를 보이지 않았으나 대왕바리와 유의한 차이를 보였다.

대왕자바리가 대왕바리와 동일집단으로 묶인 계측형질에는 체장에 대한 가슴지느러미기점거리(PPL), 두장에 대한 양안간격(IOW)의 비율이 해당된다. 체장에 대한 가슴지느러미기점거리(PPL)의 비율은 대왕바리, 대왕자바리, 자바리 각각

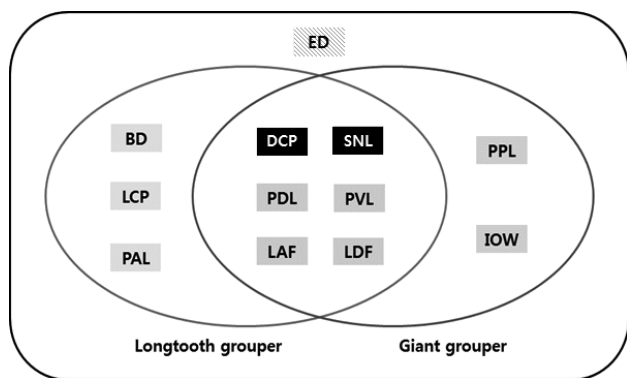


Fig. 3. Hybrid index of morphometric measurements divided by standard body length for hybrid grouper (*Epinephelus moara* ♀×*E. lanceolatus* ♂) comparison with giant grouper and longtooth grouper. BD, Body depth; LCP, Length of caudal peduncle; PAL, Pre-anal fin length; DCP, Depth of caudal peduncle; SNL, Snout length; PDL, Pre-dorsal fin length; PVL, Pre-ventral fin length; LAF, Length of anal fin; LDF, Length of dorsal fin; PPL, Pre-pectoral fin length; IOW, Interorbital width; ED, Eye diameter.

37.8±1.0%, 37.2±0.7%, 40.5±1.0%로 자바리만 유의한 차이를 보여 다른 집단으로 묶이고 대왕바리와 대왕자바리는 유의한 차이를 보이지 않았다. 이와 마찬가지로 두장에 대한 양안간격(IOW)의 비율 역시 대왕바리, 대왕자바리, 자바리 각각 19.8±1.0%, 18.7±0.5%, 16.9±1.0%로써 대왕바리와 대왕자바리 간 유의한 차이는 보이지 않았으나 자바리는 두 종과 유의한 차이를 보였다. 마지막으로 부모와 두 종끼리 유의한 차이가 없으나, 대왕자바리만 유의한 차이를 보여 별개의 형질을 갖는 두장에 대한 안경(ED)의 비율은 대왕바리, 대왕자바리, 자바리 각각 17.6±0.8%, 14.5±0.5%, 17.3±1.5%로써 대왕자바리가 부모인 대왕바리, 자바리보다 유의하게 낮은 값을 보였다(Table 1).

체장 및 두장에 대한 각 계측형질의 비율은 대왕자바리가 부모(대왕바리, 자바리)의 중간형질을 띠거나 부모와 형질이 다르지 않거나 자바리와 유사하거나 대왕바리와 유사하거나 또는 부모와 별개의 형질을 갖는 등의 5가지 타입으로 분석되었다.

자바리와 대왕바리의 계수형질은 선행 연구의 범위 내에서 일치하였으며 척추골수, 지느러미 기조수, 새파수 등이 자바리와 대왕바리간 계수 형질은 범위 내에서 흡사하였고 이에 따라 대왕자바리도 두 종과 계수형질에 유의적인 차이를 보이지 않아 hybrid index로써의 계수형질을 사용할 수 없었다(Katayama, 1984; Randall and Heemstra, 1991; Nakabo, 2000; Liu *et al.*, 2013). 바리와 어류 내에서 계수형질에 비해 계측형질에 대한 연구는 진행된 바가 없어 근연종과의 비교가 어려웠으나 계측형질의 경우 Hubbs and Lagler (2004)의 방법에 따라 측정된 결과 ED, DCP, SNL의 비율이 자바리 그리고 대왕바리와 유의한 차이를 보여 대왕자바리를 구분하는 중간형질(DCP, SNL)과

특이형질(ED)로써 hybrid index로 정리할 수 있었다(Fig. 3).

어류의 형태 연구는 나이별, 성별, 지역별 개체군 집단의 특징과 분포, 집단간 거리해석 등을 알고자 진행되어왔으나(Myoung and Kim, 1996), 자성선속하는 바리와 어류의 특징과 교잡종의 형태분석으로 기존 어류 형태 연구와는 다른 목적을 갖고 있다. 본 연구에서 자바리와 대왕자바리, 대왕바리의 형태 및 골격 형질을 비교하여 형태적 특징에 관한 자료를 축적하였다. 추후 바리와 어류 내에서 생산되는 새로운 교잡품종 또는 역교배체 등의 형태적 특징에 관한 연구가 수행된다면 수입 바리와 품종의 형태적 종 동정 가능성을 확인하였다.

사 사

본 논문은 해양수산부의 재원으로 농림식품기술기획평가원 Golden Seed 프로젝트 사업(213008-05-4-SB410)과 순천향대학교의 연구비 지원을 받아 연구되었음.

References

- Addin AM and Senoo S. 2011. Production of hybrid groupers: spotted grouper *Epinephelus polyphkadion*×tiger grouper *E. fuscoguttatus* and coral grouper *E. corallicola*×tiger grouper *E. fuscoguttatus*. In: Proceedings of International Symposium on Grouper Culture Technological Innovation and Industrial Development. Wu MC, Tseng CT, Tseng HR, Chen SC, Liu DC, Su MS and Su WC, eds. Fisheries Research Institute, Pingtung, 7-20.
- California academy of sciences. 2020. Eschmeyer's catalog of fishes. Retrieved from <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/SpeciesByFamily.asp> on Jun 23, 2020.
- Ch'ng CL and Senoo S. 2008. Egg and larval development of a new hybrid grouper, tiger grouper *Epinephelus fuscoguttatus*×giant grouper *E. lanceolatus*. *Aquaculture Sci* 56, 505-512.
- Douglas ME and Matthews WJ. 1992. Does morphology predict ecology? Hypothesis testing within a freshwater stream fish assemblage. *Oikos* 65, 213-224. <https://doi.org/10.2307/3545012>.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2017. FishStatJ, a tool for fishery statistics analysis. FAO Fisheries and Aquaculture Department FIPS - Statistics and information. FAO, Rome, Italy.
- Feliner GN and Aguilar JF. 1998. Hybrids and hybrid zones. *Trends Ecol Evol* 13, 282. [https://doi.org/10.1016/s0169-5347\(98\)01370-6](https://doi.org/10.1016/s0169-5347(98)01370-6).
- Huang W, Liu Q, Xie J, Wang W, Xiao J, Li S, Zhang H, Zhang Y, Liu S and Lin H. 2016. Characterization of triploid hybrid groupers from interspecies hybridization (*Epinephelus coioides* ♀×*Epinephelus lanceolatus* ♂). *Aquac Res* 47, 2195-2204. <https://doi.org/10.1111/are.12672>.

- Hubbs CL and Lagler KF. 2004. Fishes of the Great Lakes region. The University of Michigan Press, Ann Arbor 29-40. <https://doi.org/10.3998/mpub.17658>.
- James CM, Al-Thobaiti SA, Rasem BM and Carlos MH. 1999. Potential of grouper hybrid (*Epinephelus fuscoguttatus* × *E. polyphkadion*) for Aquaculture. *Naga* 22, 19-23.
- Jawad LA, Al-Saboonchi A, Kassim AK and Salim HF. 2019. A lag of 44 years: presence of *Epinephelus lanceolatus* (Actinopterygii: Perciformes: Epinephelidae) from the Persian Gulf. *Acta Ichthyol Piscat* 49, 185-187. <https://doi.org/10.3750/AIEP/02539>.
- Katayama M. 1984. Family serranidae. In: Masuda, H., K. Amaoka, C. Araga, T. Uyeno and T. Yoshino eds. The fishes of the Japanese Archipelago. Tokai University Press, Tokyo, Japan, 126-138.
- Kim KS, Lee HR, Sade A and Bang IC. 2014. Identification of hybrid between the tiger grouper *Epinephelus fuscoguttatus* and the giant grouper *E. lanceolatus* by analyzing COX I and RAG 2. *Korean J Ichthyol* 26, 70-73.
- Liu M, Li JL, Ding SX and Liu ZQ. 2013. *Epinephelus moara*: a valid species of the family Epinephelidae (Pisces: Perciformes). *J Fish Biol* 82, 1684-1699. <https://doi.org/10.1111/jfb.12112>.
- Myoung JG and Kim YU. 1996. Originals; Morphological Study of *Oncorhynchus* spp. in Korea - V. Comparison of Skeletal Characters of Chum Salmon *O. keta*, Masu Salmon *O. masou* and Rainbow Trout *O. mykiss*. *J Korean Fish Soc* 29, 208-229.
- Myoung JG, Kang CB, Yoo JM, Lee EK, Kim S and Jeong CH. 2013. First record of the giant grouper *Epinephelus lanceolatus* (Perciformes: Serranidae: Epinephelinae) from Jeju Island, South Korea. *Korean J Fish Aquat Sci* 16, 49-52. <https://doi.org/10.5657/FAS.2013.0049>.
- Nakabo T. 2000. Fishes of Japan with pictorial keys to the species. 2nd. Tokai University Press, Hadano, Japan.
- Nelson, J. S. 2006. Fishes of the World. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, U.S.A., 601.
- Park JY. 2016a. Studies on artificially seeding production of the Red spotted grouper, *Epinephelus akaara*. Ph. D. Dissertation, Chonnam National University, Daejeon, Korea.
- Park JY. 2016b. Effect of Salinity Change on stress response of longtooth grouper (*Epinephelus bruneus*) and longtooth giant grouper (*E. bruneus* ♀ × *E. lanceolatus* ♂). MS. thesis, Mokpo National University, Mokpo, Korean.
- Randall JE and Heemstra PC. 1991. Revision of Indo-Pacific groupers (Perciformes: Serranidae: Epinephelinae), with descriptions of five new species. *Indo-Pacific Fishes*, Bishop Museum, Honolulu, Hawaii, 1-332.
- Sadovy Y. 2000. Regional survey for fry/fingerling supply and current practices for grouper mariculture: evaluating current status and long-term prospects for grouper mariculture in South East Asia. In: Report of Collaborative APEC Grouper Research and Development Network (FWG 01/99), 1-89.
- Song YB, Oh SR, Seo JP, Ji BG, Lim BS and Lee YD. 2005. Larval development and rearing of longtooth grouper *Epinephelus bruneus* in Jeju island, Korea. *J World Aquacult Soc* 36, 209-216. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2005.tb00387.x>.
- Tahir D, Shariff M, Syukri F and Yusoff FM. 2018. Serum cortisol level and survival rate of juvenile *Epinephelus fuscoguttatus* following exposure to different salinities. *Vet World* 11, 327. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2018.327-331>.