

울릉도산 참홍어(*Beringraja pulchra*)의 관능 및 영양 특성

임양재 · 조현수¹ · 정경숙 · 황보규¹ · 강상인² · 허민수³ · 김진수^{2*}

국립수산물연구원 서해수산연구소, ¹군산대학교 해양생산학과, ²경상대학교 해양식품생명의학과/해양산업연구소, ³경상대학교 식품영양학과

Sensory and Nutritional Characterizations of Mottled Skate *Beringraja pulchra* Caught off Ulleung Island, Korea

Yang-Jae Lim, Hyun-Su Jo¹, Gyeong-Suk Jeong, Bo-Kyu Hwang¹, Sang In Kang², Min Soo Heu³ and Jin-Soo Kim^{2*}

West Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research and Development Institute, Incheon 400-420, Korea

¹Department of Marine Science and Production, Kunsan National University, Kunsan 573-701, Korea

²Department of Seafood Science and Aquaculture Science, Gyeongsang National University/Institute of Marine Industry, Tongyeong 650-160, Korea

³Department of Food Science and Nutrition, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

This study compared the sensory and nutritional characteristics of mottled skate *Beringraja pulchra* caught off Ulleung Island (U-MS), Korea, with those caught off Daecheong Island (D-MS). Based on their trichloroacetic acid-soluble nitrogen content, free amino acid content, and taste value, the taste of intermediate weight female U-MS was superior to that of both other U-MS and D-MS. The urea content of U-MS was higher in females than males and increased in the order heavy>intermediate>light individuals. There was, however, no difference in urea content between U-MS and D-MS. The taste and flavor characterization results suggest that the level of ammonia, which was converted from urea, influenced the quality of fermented U-MS. With the exception of the light U-MS, the other U-MS exhibited no difference in terms of hardness. The total amino acid content of U-MS was higher in females than males and increased in the order intermediate > heavy > light individuals. The total amino acid content of U-MS was also higher than that of D-MS. The major amino acids of all MSs were aspartic acid, glutamic acid, leucine, and lysine.

Key words: *Beringraja pulchra*, Mottled skate, Skate fish caught off Ulleung Island

서 론

참홍어는 홍어목 가오리과에 속하는 연골 및 저서성 어류의 하나로서, 대표적인 관세류 중의 하나이다(Jo et al., 2013). 참홍어의 형태는 최대 전장이 1.5 m에 달하는 대형어류로, 전체 모양의 경우 마름모로서 가오리와 비슷하나, 더 둥글고 가로로 퍼져 있고, 색의 경우 등이 갈색이면서 연한 색의 크고 작은 둥근 무늬가 있고, 배는 흰색이다. 또한, 참홍어의 형태는 꼬리의 경우 수컷은 1줄, 암컷은 3줄로, 이들에게는 날카로운 가시가 줄지어 있고, 배지느러미 뒤쪽의 경우 대롱모양의 생식기 2개가 몸 밖으로 튀어나와 있으며 가시가 나와 있다(Hwang, 2009). 참홍어의 생태는 30-200 m의 깊이와 5-15°C 범위에 서식하는 냉

수성 어종이고, 주로 새우류와 소형 어류 등을 먹이로 하는 생태적 특성을 가지고 있으며, 깊은 바다에서 삼투압 조절을 위하여 생체 내 질소화합물의 최종 대사산물인 요소를 사용하는 대표적인 어종 중의 하나이다(Ishihara, 1990; Jeong, 1999). 이와 같은 생태적 특성으로 인하여 참홍어는 우리나라 연안의 경우 흑산도 연안과 대청도 연안과 같은 서해안 등에서 주로 서식되고, 어획되어 이들 지역의 주 소득원이 되고 있다(Chyung, 1977; Jo et al., 2012a). 참홍어는 어획 후 빙은 이상의 온도에 저장하는 경우 요소(urea)가 암모니아(ammonia)로 전환되어 코를 자극하는 향, 톡 쏘는 맛과 같은 특유의 풍미를 나타낸다. 따라서 호남지방에서는 예로부터 서해안에서 어획된 참홍어의 고유 특

<http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2015.0275>



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.

Korean J Fish Aquat Sci 48(3) 275-283, June 2015

Received 1 April 2015; Revised 24 April 2015; Accepted 29 April 2015

*Corresponding author: Tel: +82. 55. 772. 9146 Fax: +82. 55. 772. 9149

E-mail address: jinsukim@gnu.ac.kr

성을 이용하여 일반 어류회와 해물탕과는 또 다른 참홍어회와 해물탕을 즐겨 왔고, 이 맛이 전국화되었다. 이로 인하여 참홍어회는 과메기, 간고등어 등과 같이 전국 브랜드 제품으로 자리를 잡았고, 전국의 유명 식당이나 마트 등에서 다양하게 판매되고 있다(Jo et al., 2013; Park et al., 1995).

한편, 우리나라 서해안 연근해에서 어획되고 있는 참홍어의 생산량은 1992년도의 경우 약 3,400 M/T까지 생산되었으나, 이후에 급감하여 2000년도 이후의 경우 500 M/T 이하로 어획되어 공급과 수요가 불균형을 이루고 있어, 다량이 수입되고 있는 실정이다(NFRDI, 2010). 이로 인하여 해양수산부는 참홍어를 자원회복 관리대상 어종으로 지정하고, 국립수산물학원의 자원관리과에서 이를 관리 및 조사하던 중 동해안의 울릉도 연근해에서 꾸준히 소량의 참홍어가 어획된다는 사실을 확인하게 되었다. 따라서 동해안산 참홍어가 국가에 의하여 철저히 자원 관리가 되고, 식품학적 품질 특성이 서해안산과 유사하거나 우수하다면 참홍어회 등의 자원으로서 수입대체 효과가 충분히 있으리라 짐작된다.

현재 참홍어의 식품학적 특성에 관한 연구로는 흑산도산 홍어와 수입산 홍어의 영양 생화학적 특성 비교(Lee, 1996; Jo et al., 2012b), 홍어의 항고혈압 활성 물질에 관한 연구(Lim, 2003), 홍어 간에 함유되어 있는 taurine에 관한 연구(Ballatori and Boyer, 1992), 홍어 껍질 유래 점질 다당류인 dermatan sulfate에 관한 연구(Tsegenidis, 1992), 국내산 참홍어의 흑산도연안과 대청도 연안과 같은 어획 지역, 성별 및 중량에 따른 관능적 및 영양적 특성 비교(Jo et al., 2012a; 2013), 국내 유통 홍어회 제품의 미생물 및 이화학적 특성 조사에 관한 연구(Cho and Kim, 2008; Lee et al., 2008), 홍어의 숙성과 건강 기능성에 관한 연구(Choi et al., 2003), 유기산 처리 숙성 홍어의 저장 중 이화학적 특성에 관한 연구(Kim et al., 2010) 등이 있다. 그러나 우리나라 동해안에 위치하고 있는 울릉도 연근해에서 어획된 참홍어의 맛, 냄새 및 조직감과 같은 관능 특성과 총아미노산과 같은 영양 특성에 대하여 검토한 연구는 아직 없다.

본 연구에서는 동해안(울릉도 연안)에서 어획된 참홍어의 관능적 요소인 맛, 냄새 및 조직감과 영양 특성에 대하여 살펴보고, 이의 결과를 서해안(대청도 연안)에서 어획된 참홍어의 그것과 비교하고, 검토하였다.

재료 및 방법

재료

참홍어는 2014년 5월에 울릉도 인근 해역과 대청도 인근 해역에서 어획 직후의 것을 어체 중량(6.1 kg 이상의 고중량, 5.5-6.0 kg 범위의 중중량, 4.9 kg 이하의 소중량)별 및 성별을 달리하여 채취하여 실험에 사용하였다. 시료 참홍어의 기타 세세한 재료는 Table 1과 같다. 여기서 시료의 채취 부위는 등육과 배육을 일정량씩 채취한 다음 마쇄하여 사용하였고, 시료 코드는 울릉도 연안(Ulleungdo, U)에서 어획한 암컷(female, FE) 중 고중량(heavy, HE)을 U-FE-HE, 중중량(intermediate, IN)을 U-FE-IN, 저중량(light, LI)을 U-FE-LI, 울릉도 연안(U)에서 어획한 것 중 수컷(male, MA)의 중중량을 U-MA-IN, 대청도 연안(Daecheongdo, D)에서 어획한 중중량의 암컷을 D-FE-IN으로 구분하여 사용하였다.

TCA 가용성 질소, 유리아미노산, 요소 및 암모니아의 분석과 taste value의 환산

맛 분석을 위한 전처리 시료는 다음과 같은 공정으로 제조하였다. 즉, 일정량(약 10 g)의 시료에 20% trichloroacetic acid (TCA) 30 mL를 가하여 균질화(10분)하고, 정용(100 mL) 및 원심분리(1,000 g, 10분)하여 이의 상층액 중 일부를 TCA 가용성 질소의 분석을 위한 전처리 시료로 사용하였다. 이어서, 분리된 상층액 중 80 mL를 분액 깔때기에 취한 후 동량의 ether를 사용하여 TCA 제거 공정을 4회 반복하였고, 다시 이를 농축 및 lithium citrate buffer (pH 2.2)로 정용(25 mL)하여 TCA 가용성 질소를 제외한 나머지 유리아미노산, 요소 및 암모니아의 분석을 위한 전처리 시료로 사용하였다.

TCA 가용성 질소의 분석은 전처리 시료의 일정량을 이용하여 AOAC (1995)법에 따라 semimicro Kjeldahl법으로 실시하였고, 유리아미노산, 요소 및 암모니아의 분석은 전처리 시료의 일정량을 이용하여 아미노산분석기(Biochrom 30, Pharmacia Biotech Biochrom Ltd., England)로 실시하였다.

Taste value는 [유리아미노산 함량/Kato et al. (1989)이 제시한 유리아미노산의 맛에 대한 역치(taste threshold)]로 계산하여 나타내었다.

Table 1. Rough informations and sample code of mottled skate *Beringraja pulchra* used as samples in this experiment

Coast	Sex	Weight	Total length (cm)	Body			Sample code
				Length (cm)	Width (cm)	Weight (g)	
Ulleungdo (U)	Female (FE)	Heavy (HE)	100	63	75	8.0	U-FE-HE
		Intermediate (IN)	91	57	64	5.5	U-FE-IN
		Light (LI)	73	44	51	2.5	U-FE-LI
	Male (MA)	Intermediate (IN)	95	52	60	5.0	U-MA-IN
Dae-cheongdo (D)	Female (FE)	Intermediate (IN)	87	57	56	6.0	D-FE-IN

냄새 강도 및 조직감

냄새 강도는 뚜껑에 전자코의 튜브가 들어갈 수 있도록 제조된 코니컬 튜브(conical tube)에 일정량의 시료(5 g)를 넣고, 전자코의 튜브를 장착 및 밀봉한 다음 전자코(odor concentration meter, XP-329, New Cosmos Electric Co. Ltd., Japan)로 측정하였고, 냄새 강도(level)로 나타내었다.

조직감은 참홍어의 근육을 일정한 크기(3.0×3.0×2.0 cm)로 정형한 다음 rheometer (CR-100D, Sun Scientific Co., Japan)를 이용하여 경도로 측정하였다(Park and Lee, 2005). 이때, 경도 측정용 load cell은 10 kg, chart speed는 60 mm/min, adapter는 압축용(no. 2)으로 하였다.

총아미노산

총 아미노산의 분석을 위한 전처리 시료는 일정량의 시료(약 50 mg)에 6 N HCl 2 mL를 가하고, 밀봉한 다음, 이를 heating block (HF21, Yamato Scientific Co., Japan)에서 가수분해(110℃, 24시간)한 후 glass filter로 여과 및 감압건조하였으며, 이를 sodium citrate buffer (pH 2.2)로 정용하여 제조하였다. 총 아미노산의 분석은 전처리 시료의 일정량을 아미노산자동분석기(Biochrom 30, Pharmacia Biotech Biochrom Ltd., England)로 실시하였다.

통계처리

데이터의 통계처리는 SAS system (Cary, NC, USA)을 이용하여 분산분석(ANOVA test)하였고, 각 처리구간의 유의성은 Duncan의 다중위검정(Duncan's multiple range test)을 이용하여 $P < 0.05$ 수준에서 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

맛성분 특성

참홍어의 성별, 어체 중량별(고중량, 중중량, 저중량) 및 어획지역별[울릉도(동해안), 대청도(서해안)] 맛성분 특성은 trichloroacetic acid (TCA) 가용성 질소 함량, 유리아미노산 함량 및 taste value로 비교 검토하였다. 동해안산 참홍어의 TCA 가용성 질소 함량을 성별 및 어체 중량별로 살펴보고, 이의 결과를 서해안산 참홍어의 이들 성분과 비교 검토한 결과는 Fig. 1과 같다. 성별에 따른 동해안산 참홍어(중중량)의 TCA 가용성 질소 함량은 암컷과 수컷이 각각 1.39 g/100 g 및 1.12 g/100 g으로, 암컷이 수컷에 비하여 약 24%가 높아, 맛의 강도는 암컷이 수컷에 비하여 높으리라 추정되었다. 어체 중량별에 따른 동해안산 참홍어(암컷)의 TCA 가용성 질소 함량은 각각 1.21 g/100 g, 1.39 g/100 g 및 1.10 g/100 g으로, 중중량이 가장 높았고, 다음으로 고중량 및 저중량의 순이었다. 따라서 어체 중량별에 따른 동해안산 참홍어(암컷)의 맛 강도는 중중량이 가장 크리라 추정되었고, 다음으로 고중량 및 저중량의 순이었다. 한편, Jo et al.

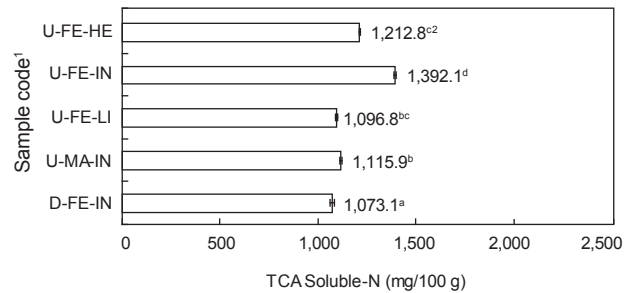


Fig. 1. Comparison of the TCA soluble-N content of mottled skate *Beringraja pulchra* according to the area caught, sex and weight. ¹Sample codes (U-FE-HE, U-FE-IN, U-FE-LI, U-MA-IN and D-FE-IN) are the same as explained in Table 1. ²Different letters on the data indicate a significant difference at $P < 0.05$.

(2012a)은 서해안(흑산도)산 참홍어의 중량별 TCA 가용성 질소 함량의 경우 $P < 0.05$ 에서 고중량과 중중량의 경우 차이가 없었으나, 이들은 저중량에 비하여는 높았다고 보고한 바 있다.

어획지역(동해안과 서해안)별에 따른 참홍어(암컷, 중중량)의 TCA 가용성 질소 함량은 각각 1.39 g/100 g 및 1.07 g/100 g으로 동해안산이 서해안산에 비하여 약 30%가 높아, 맛의 강도는 동해안산이 서해안산에 비하여 높으리라 추정되었다. 이상의 TCA 함량의 결과로 미루어 보아 참홍어의 맛강도는 성별의 경우 암컷이, 어체 중량별의 경우 중중량이, 어획지역별의 경우 동해안산이 강하리라 추정되었다.

한편, 수산물의 TCA 가용성 질소 함량은 가다랑어, 꽁치, 고등어, 전갱이, 참돔, 쥐치, 용가자미, 잉어, 송어 및 뱀장어와 같은 일반 어류의 경우 290-735 mg/100 g 범위, 창오징어, 살오징어, 키조개, 소라, 전복, 백합, 바지락 및 굴과 같은 연체류의 경우 311-884 mg/100 g 범위, 닭새우, 보리새우, 왕게, 대게 및 꽃게의 경우 564-863 mg/100 g 범위로 알려져 있다(Park et al., 1995). 이와 같은 수산물의 TCA 가용성 질소 함량에 대한 보고와 본 실험의 결과에 의하면 TCA 가용성 질소 함량은 참홍어가 일반 어패류에 비하여 월등히 높았는데, 이는 참홍어의 근육 중에 함유되어 있는 요소, 암모니아 및 TMAO와 같은 엑스분들이 다량 함유되어 있기 때문이라 판단되었다(Park et al., 1995).

한편, Jo et al. (2013)은 흑산도 연안과 대청도 연안과 같은 서해안에서 어획된 참홍어(암컷, 중중량)의 주요 맛성분을 구명하기 위하여 오미션 테스트를 실시한 결과 어획지역에 관계없이 참홍어의 주요 맛성분은 유리아미노산이었다고 보고한 바 있다. 따라서 본 실험에서는 Jo et al. (2013)의 결과를 바탕으로 동해안산 참홍어의 맛에 관여하는 주요 성분을 유리아미노산과 이의 함량을 토대로 산출하는 taste value로 판단하고, 이들에 대하여 검토하고자 한다. 동해안(울릉도 연안)산 참홍어의 유리아미노산 함량 및 조성을 성별 및 어체 중량별로 살펴보고, 이의 결과를 서해안산 참홍어(암컷, 중중량)의 이들 성분과 비교 검토한 결과는 Table 2와 같다. 참홍어의 유리아미노산은 동

해안산의 경우 암컷(중중량)이 27종, 수컷이 26종이었고, 암컷 중 중중량이 27종, 고중량과 저중량이 모두 28종이 동정되었으며, 서해안산(중중량, 암컷)의 경우 27종이 동정되었다. 성별에 따른 동해안산 참홍어(중중량)의 유리아미노산 총합량은 암컷이 337 mg/100 g으로 수컷의 235 mg/100 g에 비하여 약 43%가 높아, 맛의 강도는 암컷이 수컷에 비하여 월등히 높으리라 추정되었다. 참홍어(중중량) 암컷의 주요 유리아미노산은 taurine (18.9%), sarcosine (10.1%), proline (28.2%) 및 β -alanine (17.7%) 등과 같은 4종이었고, 수컷은 proline (8.5%)를 제외한

3종으로, 이들 주요 유리아미노산은 proline을 제외한다면 단백질질을 구성하지 않는 아미노산으로 이루어져 있었다. 한편, Jo et al. (2013)도 대청도산 참홍어(중중량)의 성별에 따른 유리아미노산 총합량을 살펴보는 연구에서 참홍어의 유리아미노산 총합량이 암컷의 경우 298 mg/100 g으로, 수컷의 273 mg/100 g에 비하여 약 9%가 높았다고 보고한 바 있다. 어체 중량별에 따른 동해안산 참홍어(암컷)의 유리아미노산 총합량은 고중량이 318 mg/100 g, 중중량이 337 mg/100 g, 그리고, 저중량이 220 mg/100 g으로, 중중량이 가장 높았고, 다음으로 고중량 및 저중

Table 2. Comparison of the free amino acid (FAA) content of mottled skate *Beringraja pulchra* according to the area caught, sex and weight (mg/100 g)

FAA	East coast				West coast
	U-FE-HE ¹	U-FE-IN	U-FE-LI	U-MA-IN	D-FE-IN
Phosphoserine	0.3 (0.1) ²	0.2 (0.1)	0.1 (0.1)	0.1 (0.0)	0.1 (0.0)
Taurine	75.2 (23.6)	63.7 (18.9)	52.8 (24.0)	56.6 (24.1)	46.0 (14.7)
Aspartic acid	3.4 (1.1)	2.7 (0.8)	1.7 (0.8)	2.0 (0.9)	1.9 (0.6)
Threonine	10.7 (3.3)	10.3 (3.1)	6.0 (2.7)	6.6 (2.8)	6.5 (2.1)
Serine	9.8 (3.1)	6.2 (1.8)	11.3 (5.1)	7.0 (3.0)	10.3 (3.3)
Asparagine	0.9 (0.3)	0.1 (0.0)	3.1 (1.4)	2.3 (1.0)	6.8 (2.2)
Glutamic acid	7.4 (2.3)	8.1 (2.4)	6.2 (2.8)	3.5 (1.5)	5.0 (1.6)
Sarcosine	32.5 (10.2)	34.1 (10.1)	22.8 (10.4)	26.1 (11.1)	53.6 (17.2)
α -Amino adipic acid	0.1 (0.0)	-	0.1 (0.0)	0.2 (0.1)	-
Proline	51.4 (16.2)	94.9 (28.2)	28.5 (13.0)	20.0 (8.5)	22.8 (7.3)
Glycine	14.3 (4.5)	12.8 (3.8)	6.8 (3.1)	15.4 (6.6)	14.9 (4.8)
Alanine	12.2 (3.8)	11.2 (3.3)	15.9 (7.2)	11.6 (4.9)	10.1 (3.2)
α -Aminobutyric acid	0.4 (0.1)	0.3 (0.1)	0.4 (0.2)	0.2 (0.1)	0.5 (0.2)
Valine	1.9 (0.6)	2.1 (0.6)	1.5 (0.7)	1.3 (0.6)	1.4 (0.4)
Cysteine	0.2 (0.1)	0.1 (0.0)	0.1 (0.1)	0.1 (0.0)	0.2 (0.1)
Methionine	0.7 (0.2)	1.1 (0.3)	0.5 (0.2)	0.6 (0.3)	1.7 (0.5)
Cystathionine-1	4.8 (1.5)	2.1 (0.6)	0.4 (0.2)	0.7 (0.3)	5.6 (1.8)
Isoleucine	1.3 (0.4)	1.4 (0.4)	0.9 (0.4)	0.9 (0.4)	0.9 (0.3)
Leucine	2.1 (0.7)	2.3 (0.7)	1.5 (0.7)	1.4 (0.6)	1.3 (0.4)
Tyrosine	1.1 (0.4)	1.2 (0.4)	0.9 (0.4)	1.1 (0.5)	1.1 (0.4)
β -Alanine	68.8 (21.6)	59.6 (17.7)	46.2 (21.0)	62.4 (26.6)	101.0 (32.3)
Phenylalanine	1.1 (0.3)	1.4 (0.4)	1.1 (0.5)	0.9 (0.4)	0.9 (0.3)
α -Aminoisobutyric acid	0.4 (0.1)	0.5 (0.1)	0.2 (0.1)	-	0.4 (0.1)
Ethanolamine	0.3 (0.1)	0.3 (0.1)	0.0 (0.0)	-	0.3 (0.1)
Ornithine	2.3 (0.7)	4.0 (1.2)	0.7 (0.3)	1.2 (0.5)	1.0 (0.3)
Lysine	10.7 (3.4)	12.5 (3.7)	8.8 (4.0)	11.0 (4.7)	15.6 (5.0)
Histidine	2.3 (0.7)	2.4 (0.7)	0.7 (0.3)	1.1 (0.5)	1.5 (0.5)
Arginine	1.5 (0.5)	1.3 (0.4)	0.7 (0.3)	0.7 (0.3)	0.9 (0.3)
Total	318.1 (99.9)	336.9 (99.9)	219.9 (100.0)	235.0 (100.3)	312.3 (100.0)

¹Sample codes (U-FE-HE, U-FE-IN, U-FE-LI, U-MA-IN and D-FE-IN) are the same as explained in Table 1.

²The values in parentheses indicate [(g of each amino acid/100 g of total amino acid)] \times 100

량 등의 순이었다. 따라서 어체 중량별에 따른 동해안산 참홍어 (암컷)의 맛 강도는 중중량이 가장 크리라 추정되었고, 다음으로 고중량 및 저중량 등의 순이었다. 고중량, 중중량 및 저중량의 동해안산 참홍어(암컷)의 주요 유리아미노산은 taurine (각각 23.6%, 18.9% 및 24.0%), sarcosine (각각 10.2%, 10.1% 및 10.4%), proline (각각 16.2%, 28.2% 및 13.0%) 및 β-alanine (각각 21.6%, 17.7% 및 21.0%) 등과 같은 4종이었다. 중중량 참홍어 암컷 근육의 어획 지역에 따른 유리아미노산 총합량은 동해안산이 337 mg/100 g으로, 서해안산의 312 mg/100 g에 비하여 약 8%가 높아 차이가 있었다. 참홍어(중중량, 암컷)의 주요 유리아미노산은 동해안산의 경우 taurine (18.9%), sarcosine (10.1%), proline (28.2%) 및 β-alanine (17.7%) 등과 같은 4종이었고, 서해안산의 경우 proline (7.3%)를 제외한 3종이었다. Jo et al. (2012b)도 서해안에서 어획한 참홍어(중중량, 암컷)의 어획지역(대청도와 흑산도 간)에 따른 유리아미노산 총합량의 경우 차이가 있었다고 보고한 바 있다.

한편, 참홍어의 유리아미노산 총합량은 성별, 어체 중량별 및 어획지역(동해안과 서해안)에 관계없이 220-337 mg/100 g 범위로, 이들의 TCA 가용성 질소 함량인 1,073-1,392 mg/100 g 범위에 비하여 아주 낮았는데, 이는 TCA 가용성 질소 함량에 다량 함유되어 있는 요소, 암모니아 및 트리메틸아민옥사이드(trimethylamine oxide, TMAO) 함량(Kim et al., 2010)들이 유리아미노산 총합량의 계산 시에 제외되었기 때문이라 판단되었다. 한편, Cho and Kim (2008)은 국내산 및 수입산 시판 홍어회

의 이화학적 특성에 관한 연구에서, 이들의 유리아미노산 함량은 388-580 mg/100 g 범위이었다고 보고하여, 본 동해안산 홍어의 유리아미노산 함량에 비하여 높았는데, 이는 홍어회의 경우 발효 중 효소에 의하여 단백질로부터 유리아미노산이 다량 분해 생성되었기 때문이라 판단되었다. 또한, 참홍어의 유리아미노산 총합량은 적색육 어류의 이들 총합량(가다랑어 1,523 mg/100 g, 황다랑어 1,326 mg/100 g, 방어 1,345 mg/100 g, 고등어 902 mg/100 g, 정어리 1,090 mg/100 g, 멸치 735 mg/100 g, 전갱이 510 mg/100 g)에 비하여는 월등히 낮았고, 백색육 어류의 이들 총합량(돔 207 mg/100 g, 검복 383 mg/100 g, 돌가자미 311 mg/100 g)에 비하여는 유사한 범위이었으나, 이들 어류 중 적색육 어류의 경우 histidine, 백색육 어류의 경우 taurine 등을 제외한다면 결코 낮은 함량은 아니었다(Park et al., 1995).

일반적으로 유리아미노산은 수산물의 맛에 지대하게 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Fuke and Konosu, 1991). 그러나 이들 유리아미노산들은 각각 맛의 역치가 달라 단순히 함량이 높다고 하여 그 수산물의 맛에 크게 영향을 미친다고 판단할 수는 없다(Kato et al., 1989). 이러한 일면에서 동해안(올롱도 연안)산 참홍어의 성별 및 어체 중량에 따른 근육의 맛 특성을 taste value로 살펴보고, 이를 서해안(대청도)산의 그것들과 비교 검토한 결과는 Table 3과 같다. 유리아미노산의 맛에 대한 역치는 aspartic acid가 가장 낮아 3 mg/100 mg이었고, 다음으로 glutamic acid (5 mg/100 mg)의 순이었으며, 이들은 기타 유리아미노산에 비하여 맛에 아주 민감(기타 아미노산에 비하여

Table 3. Comparison of the taste value of mottled skate *Beringraja pulchra* according to the area caught, sex and weight

Amino acid	Taste threshold (mg/100 g)	East coast				West coast
		U-FE-HE ¹	U-FE-IN	U-FE-LI	U-MA-IN	D-FE-IN
Aspartic acid	3	1.13	0.90	0.57	0.67	0.63
Threonine	260	0.04	0.04	0.02	0.03	0.03
Serine	150	0.07	0.04	0.08	0.05	0.07
Glutamic acid	5	1.48	1.62	1.24	0.70	1.00
Proline	300	0.17	0.32	0.10	0.07	0.08
Glycine	130	0.11	0.10	0.05	0.12	0.11
Alanine	60	0.20	0.19	0.27	0.19	0.17
Valine	140	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01
Methionine	30	0.02	0.04	0.02	0.02	0.06
Isoleucine	90	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01
Leucine	190	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Phenylalanine	90	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01
Lysine	50	0.21	0.25	0.18	0.22	0.31
Histidine	20	0.12	0.12	0.04	0.06	0.08
Arginine	50	0.03	0.03	0.01	0.01	0.02
Total	-	3.62	3.72	2.62	2.18	2.60

¹Sample codes (U-FE-HE, U-FE-IN, U-FE-LI, U-MA-IN and D-FE-IN) are the same as explained in Table 1.

aspartic acid의 경우 7-87배 정도, glutamic acid의 경우 4-60배 정도가 민감함)하였다. 동해안산 참홍어(중중량)의 total taste value는 성별의 경우 암컷이 3.72로 수컷의 2.18에 비하여 훨씬 높았고, 어체 중량별(암컷)의 경우 고중량이 3.62, 중중량이 3.72, 그리고, 저중량이 2.62로 중중량>고중량>저중량의 순이었으며, 서해안산(중중량, 암컷)의 2.60에 비하여는 훨씬 높거나 유사하였다. 따라서 taste value로 살펴본 동해안산 참홍어의 맛은 성별의 경우 암컷이, 어체 중량별의 경우 중중량이 어획지역별의 경우 동해안산이 기타의 것보다 강하리라 추정되었다. Taste value로 살펴본 동해안산 참홍어의 주요 유리아미노산은 성별, 어체 중량별에 관계없이 모두 glutamic acid(암컷 고중량의 경우 1.48, 중중량의 경우 1.62, 저중량의 경우 1.24, 수컷 중중량의 경우 0.70) 및 aspartic acid(암컷 고중량의 경우 1.13, 중중량의 경우 0.90, 저중량의 경우 0.57, 수컷 중중량의 경우 0.67)이었고, 서해안산 참홍어(암컷, 중중량)의 주요 유리아미노산도 역시 glutamic acid(1.00) 및 aspartic acid(0.63)이었다. 한편, Jo et al. (2013)은 서해안(흑산도)산 참홍어의 total taste value는 암컷의 경우 고중량이 3.61, 중중량이 2.24, 저중량이 3.01이었고, 수컷 중중량의 경우 3.42이었다고 보고한 바 있다. 한편, Kim et al. (2012)은 자숙 가다랑어 뱃살과 등살 부위의 taste value를 검토한 결과 total taste value는 각각 27.10 및 26.64이었다고 보고한 바 있다. 이와 같은 동해안산 참홍어의 taste value의 결과와 자숙 가다랑어의 taste value의 결과로 미루어 보아 동해안산 참홍어의 맛은 가다랑어의 맛에 비하여 강도가 상당히 낮으리라 추정되었다.

냄새성분 특성

참홍어의 성별, 어체 중량별 및 어획지역별 냄새성분의 특성은 요소와 암모니아의 함량과 냄새 강도로 비교 검토하였다. 동해안(울릉도 연안)산 참홍어의 요소와 암모니아의 함량을 성별 및 어체 중량별로 살펴보고, 이의 결과를 서해안(대청도 연안)산 참홍어(암컷, 중중량)의 이들 성분과 비교 검토한 결과는 Fig. 2와 같다. 성별에 따른 동해안산 참홍어(중중량)의 요소 및 암모니아의 함량은 암컷이 각각 888.5 mg/100 g 및 33.4 mg/100 g, 수컷이 각각 848.5 mg/100 g 및 32.8 mg/100 g으로, 암컷이 수컷에 비하여 요소의 경우 약 5%가 높았고, 암모니아의 경우 차이가 없었다. 따라서 동해안산 암컷과 수컷의 참홍어를 사용하여 홍어회로 제조하는 경우 암컷이 수컷보다 발효 시 요소로부터 전환되는 암모니아 함량이 약간 많아 홍어회 특유의 콧 냄새 향이 강하리라 추정되었다. 한편, Jo et al. (2012a)은 국내산 참홍어의 어획 직후 관능적 특성을 살펴보는 연구에서 흑산도산 참홍어(중중량)의 성별에 따른 요소 및 암모니아 함량의 경우 암컷이 각각 901.1 mg/100 g 및 26.0 mg/100 g, 수컷이 각각 905.3 mg/100 g 및 23.8 mg/100 g이었다고 보고한 바 있다. 어체 중량별에 따른 동해안산 참홍어(암컷)의 요소 및 암모니아 함량은 고중량이 각각 948.1 mg/100 g 및 29.0 mg/100 g

g, 중중량이 각각 888.5 mg/100 g 및 33.4 mg/100 g, 저중량이 각각 673.7 mg/100 g 및 39.1 mg/100 g이었다. 따라서 어체 중량별에 따른 동해안산 참홍어(암컷)를 사용하여 홍어회로 제조하는 경우 어체가 클수록 발효 시 요소로부터 전환되는 암모니아 함량이 약간 많아 홍어회 특유의 콧 냄새 향이 강하리라 추정되었다. 한편, Jo et al. (2012a)은 국내산 참홍어의 어획 직후 관능적 특성을 살펴보는 연구에서 흑산도산 참홍어(중중량)의 어체 중량별 요소 및 암모니아 함량의 경우 고중량이 각각 895.3 mg/100 g 및 27.7 mg/100 g, 중중량이 각각 901.1 mg/100 g 및 26.0 mg/100 g, 저중량이 각각 894.0 mg/100 g 및 23.6 mg/100 g이었다고 보고한 바 있다. 어획 지역별에 따른 참홍어(암컷, 중중량)의 요소 및 암모니아 함량은 동해안(울릉도 연안)산이 각각 888.5 mg/100 g 및 33.4 mg/100 g, 서해안(대청도 연안)산이 각각 887.5 mg/100 g 및 26.8 mg/100 g이었다. 따라서 동해안산 참홍어를 사용하여 홍어회로 제조하는 경우 서해안산 참홍어로 홍어회를 제조하는 경우와 유사한 정도의 암모니아 함량이 생성되어 홍어회 특유의 콧 냄새 향도 유사하리라 추정되었다. 한편, Jo et al. (2012a)은 국내산 참홍어(중중량, 암컷)의 어획 직후 요소 및 암모니아 함량의 경우 흑산도산이 각각 901.1 mg/100 g 및 26.0 mg/100 g, 대청도산이 각각 872.5 mg/100 g 및 27.3 mg/100 g이었다고 보고한 바 있다.

동해안(울릉도 연안)산 참홍어의 냄새 강도를 성별 및 어체 중량별로 살펴보고, 이의 결과를 서해안(대청도 연안)산 참홍어(암컷, 중중량)의 이들 성분과 비교 검토한 결과는 Fig. 3과 같다. 동해안산 참홍어(중중량)의 냄새 강도는 성별의 경우 암컷이 19.3 level, 수컷이 22.7 level로, 어체 중량별(암컷)의 경우 고중량이 18.3 level, 중중량이 19.3 level, 저중량이 21.3 level로, 그리고, 어획 지역별(암컷, 중중량)의 경우 동해안산이 19.3 level, 서해안산이 23.7 level로 시료 간에 약간의 차이가 있었으나, 이 모두가 유의적인 차이는 인정되지 않았다($P<0.05$). 한편, Jo et al. (2012a)은 홍어회의 냄새 강도는 453 level이었다고 보

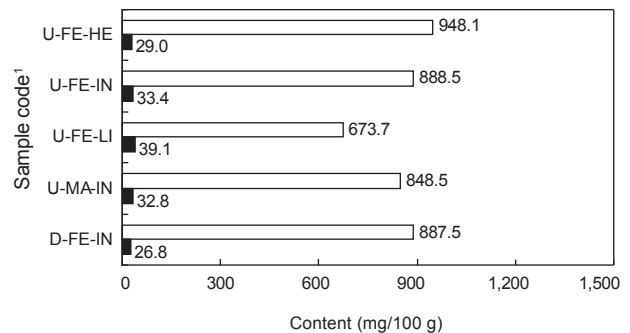


Fig. 2. Comparison of the urea and ammonia contents of mottled skate *Beringraja pulchra* according to the area caught, sex and weight. ¹Sample codes (U-FE-HE, U-FE-IN, U-FE-LI, U-MA-IN and D-FE-IN) are the same as explained in Table 1.

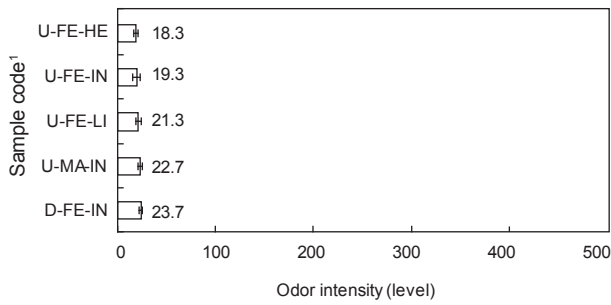


Fig. 3. Comparison of the odor intensity of mottled skate *Beringraja pulchra* according to the area caught, sex and weight. ¹Sample codes (U-FE-HE, U-FE-IN, U-FE-LI, U-MA-IN and D-FE-IN) are the same as explained in Table 1.

고한 바 있다. 따라서 성별, 어체 중량별 및 어획 지역별에 관계 없이 본 실험에서 검토한 참홍어의 냄새 강도는 홍어회의 냄새 강도에 비하여 아주 미미하여 소비자가 인식할 정도의 범위는 아니라고 판단되었다. 이와 같은 결과는 본 실험에서 시료로 사용한 참홍어의 경우 동해안 또는 서해안에서 어획 직후의 것을 시료로 사용하였기 때문이라 판단되었다.

이상의 참홍어의 요소 함량은 성별의 경우 암컷이, 어체 중량별의 경우 고중량이 높았으나, 어획지역별의 경우 차이가 없었다. 따라서 동해안산 참홍어의 맛 특성과 냄새 특성의 결과로 미루어 보아 동해안(울릉도 연안)산 참홍어를 발효시켜 제조한 홍어회의 맛은 합질소 화합물의 농후한 맛보다는 요소가 전환되어 생성된 암모니아의 특 쓰는 향에 의하여 지배되리라 추정되었다.

조직감

참홍어의 성별, 어체 중량별 및 어획지역별 조직감 특성은 경도로 비교 검토하였다. 동해안(울릉도 연안)산 참홍어의 경도를 성별 및 어체 중량별로 살펴보고, 이의 결과를 서해안(대청도 연안)산 참홍어의 경도와 비교 검토한 결과는 Fig. 4와 같다. 동해안산 참홍어의 조직감은 성별(중중량)의 경우 암컷이 406.7 g, 수컷이 398.0 g이었고, 어체 중량별(암컷)의 경우 고중량이 414.0 g, 중중량이 406.7 g, 저중량이 303.3 g이었으며, 어획 지역별(중중량, 암컷)의 경우 동해안산이 406.7 g, 서해안산이 412.0 g으로, 저중량 시료를 제외한다면 시료 간에 $P < 0.05$ 에서 유의적인 차이가 없었다. 단지 저중량 시료만이 차이가 인정되었다.

영양 특성

동해안(울릉도 연안)산 참홍어의 영양 특성을 살펴볼 목적으로 이들의 총아미노산 함량과 조성을 성별 및 어체 중량별로 살펴보고, 이의 결과를 서해안(대청도 연안)산 참홍어의 그것들과 비교 검토한 결과는 Table 6과 같다. 동해안산 참홍어의 분리, 동정된 총 아미노산의 수는 성별, 어체 중량별 및 어획 지역

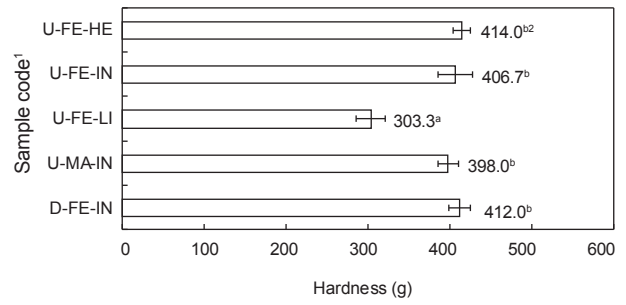


Fig. 4. Comparison of the hardness of mottled skate *Beringraja pulchra* according to the area caught, sex and weight. ¹Sample codes (U-FE-HE, U-FE-IN, U-FE-LI, U-MA-IN and D-FE-IN) are the same as explained in Table 1. ²Different letters on the data indicate a significant difference at $P < 0.05$.

별에 관계없이 모두 17종으로 차이가 없었다. 성별에 따른 동해안산 참홍어(중중량)의 아미노산 총함량은 암컷이 21.0 g/100 g, 수컷이 20.0 g/100 g으로 암컷이 수컷에 비하여 약 5%가 높았다. 동해안산 참홍어(중중량) 암컷과 수컷의 주요 아미노산은 성별에 관계없이 모두 aspartic acid (각각 7.6% 및 8.5%), glutamic acid (각각 17.6% 및 18.5%), leucine (각각 9.0% 및 8.5%) 및 lysine (각각 10.0% 및 10.5%) 등과 같은 4종이었고, 조성에 있어서도 크게 차이가 없었다. 한편, 성별에 따른 동해안산 참홍어(중중량)의 필수 아미노산 함량(tryptophan을 제외한 9종)은 암컷이 10.4 g/100 g (49.6%), 수컷이 9.9 g/100 g (49.5%)으로, 모두 전체의 약 절반을 차지하였다. 동해안산 참홍어(중중량) 암컷과 수컷의 곡류 제1 제한아미노산인 lysine의 함량과 조성은 암컷이 각각 2.1 g/100 g 및 10.0%, 수컷이 각각 2.1 g/100 g 및 10.5%로, 곡류 제2 제한아미노산인 threonine의 함량과 조성은 암컷이 각각 0.8 g/100 g 및 3.8%, 수컷이 각각 0.9 g/100 g 및 4.5%로, 두 종류의 아미노산 모두에서 함량이 높으면서 성별에 따른 차이는 인정되지 않았다. 어체 중량에 따른 동해안산 참홍어(암컷)의 아미노산 총함량은 고중량이 19.6 g/100 g, 중중량이 21.0 g/100 g, 저중량이 19.1 g/100 g으로, 중중량>고중량>저중량의 순으로 높았다. 이들 동해안산 참홍어(암컷)의 주요 아미노산은 크기에 관계없이 모두 aspartic acid (각각 9.2%, 7.6% 및 7.9%), glutamic acid (각각 18.9%, 17.6% 및 17.8%), leucine (각각 9.2%, 9.0% 및 9.4%) 및 lysine (각각 10.2%, 10.0% 및 9.9%) 등과 같은 4종이었고, 조성에 있어서도 크게 차이가 인정되지 않았다. 어체 중량별 동해안산 참홍어(암컷)의 필수 아미노산 함량은 고중량이 9.5 g/100 g (48.6%), 중중량이 10.4 g/100 g (49.6%), 저중량이 9.6 g/100 g (50.2%)으로, 모두 전체의 약 절반을 차지하였고, 이들의 함량은 중중량이 약간 높았으나, 고중량과 저중량의 경우 거의 차이가 없었다. 동해안산 참홍어(암컷)의 어체 중량별 곡류 제1제한아미노산인 lysine의 함량과 조성은 고중량이 각각 2.0 g/100 g 및

Table 6. Comparison of the total amino acid contents of mottled skate *Beringraja pulchra* according to the area caught, sex and weight (g/100 g)

Amino acid	East coast				West coast
	U-FE-HE ¹	U-FE-IN	U-FE-LI	U-MA-IN	D-FE-IN
Aspartic acid	1.8(9.2) ³	1.6(7.6)	1.5(7.9)	1.7(8.5)	1.7(8.3)
Threonine ²	0.9(4.6)	0.8(3.8)	0.7(3.7)	0.9(4.5)	0.8(3.9)
Serine	1.0(5.1)	1.2(5.7)	0.9(4.7)	1.0(5.0)	1.0(4.9)
Glutamic acid	3.7(18.9)	3.7(17.6)	3.4(17.8)	3.7(18.5)	3.4(16.5)
Proline	0.8(4.1)	1.0(4.8)	0.8(4.2)	0.8(4.0)	0.9(4.4)
Glycine	0.6(3.1)	0.6(2.9)	0.6(3.1)	0.6(3.0)	0.5(2.4)
Alanine	0.8(4.1)	1.1(5.2)	1.1(5.8)	1.0(5.0)	1.2(5.8)
Cysteine	1.1(5.6)	1.1(5.2)	0.9(4.7)	0.9(4.5)	1.2(5.8)
Valine ²	1.1(5.6)	1.3(6.2)	1.2(6.3)	1.1(5.5)	1.3(6.3)
Methionine ²	0.5(2.6)	0.6(2.9)	0.6(3.1)	0.5(2.5)	0.6(2.9)
Isoleucine ²	0.7(3.6)	1.0(4.8)	0.9(4.7)	1.0(5.0)	1.1(5.3)
Leucine ²	1.8(9.2)	1.9(9.0)	1.8(9.4)	1.7(8.5)	1.8(8.7)
Tyrosine	0.3(1.5)	0.3(1.4)	0.3(1.6)	0.4(2.0)	0.4(1.9)
Phenylalanine ²	0.8(4.1)	0.9(4.3)	0.8(4.2)	0.8(4.0)	0.9(4.4)
Histidine ²	0.5(2.6)	0.6(2.9)	0.6(3.1)	0.5(2.5)	0.5(2.4)
Lysine ²	2.0(10.2)	2.1(10.0)	1.9(9.9)	2.1(10.5)	2.0(9.7)
Arginine ²	1.2(6.1)	1.2(5.7)	1.1(5.8)	1.3(6.5)	1.3(6.3)
Total EAA ²	9.5(48.6)	10.4(49.6)	9.6(50.2)	9.9(49.5)	10.3(49.9)
Total	19.6(100.2)	21.0(100.0)	19.1(100.0)	20.0(100.0)	20.6(99.9)

¹Sample codes (U-FE-HE, U-FE-IN, U-FE-LI, U-MA-IN and D-FE-IN) are the same as explained in Table 1. ²EAA, Essential amino acid.

³Value in the parenthesis was calculated by [(each amino acid content/Total amino acid content)×100].

10.2%, 중중량이 각각 2.1 g/100 g 및 10.0%, 저중량이 각각 1.9 g/100 g 및 9.9%로, 곡류 제2제한아미노산인 threonine의 함량과 조성은 고중량이 각각 0.9 g/100 g 및 4.6%, 중중량이 각각 0.8 g/100 g 및 3.8%, 저중량이 각각 0.7 g/100 g 및 3.7%로 두 종류의 아미노산 모두에서 함량이 높으면서 어체 중량별에 따른 차이는 인정되지 않았다. 어획지별 참홍어(중중량, 암컷)의 아미노산 총함량은 동해안산이 21.0 g/100 g으로 서해안산의 20.6 g/100 g에 비하여 단지 약 2%가 높았다. 동해안산 및 서해안산 참홍어의 주요 아미노산은 어획지에 관계없이 모두 aspartic acid (각각 7.6% 및 8.3%), glutamic acid (각각 17.6% 및 16.5%), leucine (각각 9.0% 및 8.7%) 및 lysine (각각 10.0% 및 9.7%) 등과 같은 4종이었고, 조성에 있어서도 크게 차이가 인정되지 않았다. 한편, 어획 지역별에 따른 참홍어(중중량)의 필수 아미노산 함량(tryptophan을 제외한 9종)은 각각 10.4 g/100 g (49.6%) 및 10.3 g/100 g (49.9%)으로, 모두 전체의 약 절반을 차지하였고, 이들의 함량, 또한 차이가 거의 인정되지 않았다. 동해안산 및 서해안 참홍어(중중량, 암컷)의 곡류 제1 제한아미노산인 lysine의 함량은 각각 2.1 g/100 g (10.0%) 및 2.0 g/100 g (9.7%)으로, 곡류 제2 제한아미노산인 threonine의 함량은 각각 0.8 g/100 g (3.8%) 및 0.8 g/100 g (3.9%)으로,

두 종류의 아미노산 모두에서 함량이 높았으나, 어획 지역별에 따른 차이는 인정되지 않았다.

이상의 결과로 미루어 보아 동해안(울릉도 연안)산 참홍어의 총아미노산 함량은 성별의 경우 암컷이, 어체 중량별의 경우 중중량이, 어획지역별의 경우 서해안산이 높았고, 이들의 주요 아미노산은 모두 aspartic acid, glutamic acid, leucine 및 lysine 등이었다.

사 사

본 연구는 국립수산물품질관리원(서해 연안어업 자원조사, RP-2015-FS-003)의 지원으로 수행되었으며, 연구의 수행에 도움을 주신 분들에게 감사 드립니다.

References

- AOAC. 1995. Official Methods of Analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, U.S.A., 69-74.
- Ballatori N and Boyer JL. 1992. Taurine transport in skate hepatocytes. II. Volume activation, energy and sulfhydryl

- dependence. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol* 262, 445-450.
- Cho HS and Kim KH. 2008. Quality characteristics of commercial slices of skate *Raja kenoei*. *J East Asian Soc Dietary Life* 18, 214-220.
- Choi MR, Yoo EJ, Lim HS and Park JW. 2003. Biochemical and physiological properties of fermented skate. *Korean J Life Sci* 13, 675-683.
- Chyung MK. 1977. The fishes of Korea. Iijisa Publishing Co., Seoul, Korea, 727-735.
- Fuke S and Konosu S. 1991. Taste-active components in some foods: A review of Japanese research. *Physiology Behavior* 49, 863-868.
- Hwang EJ. 2009. The change of Skate-Ray's nutritive elements during ripening period. MS Thesis, Chonnam National University, Yeosu, Korea.
- Jeong CH. 1999. A review of taxonomic studies and common names of Rajid fishes (*Elasmobranchii*, *Rajidae*) from Korea. *Korean J Ichthyol* 11, 198-210.
- Jo HS, Kim KH, Kim MJ, Kim HJ, Im YJ, Kwon DH, Heu MS and Kim JS. 2012a. Sensory characterization of domestic mottled skate *Raja pulchra* as affected by area caught, sex and fish weight. *Korean J Fish Aquat Sci* 45, 619-626. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2012.0619>.
- Jo HS, Kim KH, Kim MJ, Kim HJ, Jeong GS, Cha BY, Choi JD, Heu MS and Kim JS. 2012b. Comparison of quality characteristics between imported skate rays. *Korean J Fish Aquat Sci* 46, 245-251. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2013.0245>.
- Jo HS, Kim KH, Kim MJ, Kim HJ, Kwon DH, Im YJ, Heu MS and Kim JS. 2013. A Comparison of the taste and nutritional properties of domestic mottled skate *Beringraja pulchra* according to the area caught, sex and weight. *Korean J Fish Aquat Sci* 46, 245-251. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2013.0129>
- Ishihara H. 1990. The skates and rays of the western North Pacific: an overview of their fisheries, utilization and classification. NOAA Tech Rep NMFS 90, 485-497.
- Kato H, Rhee MR and Nishimura T, 1989. Role of free amino acids and peptides in food taste. In: Flavor Chemistry Trends and Developments. American Chemical Society, Washington, DC, U.S.A., 158-174.
- Kim HJ, Eo JH, Kim SJ and Eun JB. 2010. Physicochemical changes in fermented skate (*Raja kenoei*) treated with organic acids during storage. *Korean J Food Sci Technol* 42, 438-444.
- Lee MK. 1996. A study of the bio-nutritional evaluation of Raja skates caught in Huksando area. - Compare with raja skates of Huksando and imported. *J Kwangju Health College*, 253-265.
- Lee EJ, Seo JE, Lee JK, Oh SW and Kim YJ. 2008. Microbial and chemical properties of ready-to eat skate in Korean market. *J Fd Hyg Safety* 23, 137-141.
- Lim HS. 2003. ACE inhibitory materials from *Raja kenoei*. *Korean J Life Sci* 13, 668-674.
- NFRDI. 2010. Korean coastal and offshore fishery census. Busan, Korea, 322-323.
- Park JH and Lee KH. 2005. Quality characteristics of beef meat of various places of origin. *Korean J Food Cookery Sci* 21, 528-535.
- Park YH, Chang DS and Kim SB. 1995. Seafood processing and utilization. Hyungseol Publishing Co., Seoul, Korea, 116-139, 148-164.
- Tsegenidis T. 1992. Influence of oversulphation and neutral sugar presence on the chondroitinases Ac and ABC actions towards glycosaminoglycans from ray (*Raja lavata*) and squid (*Illex illecebrosus coidentii*) skin. *Comp Biochem Physiol Part B* 103, 275-279. [http://dx.doi.org/10.1016/0305-0491\(92\)90444-V](http://dx.doi.org/10.1016/0305-0491(92)90444-V).