

자연산 말전복(*Haliotis gigantea*)과 양식산 참전복(*Haliotis discus hannai*)의 일반성분, 지방산, 아미노산 및 핵산관련물질 조성 비교

장미순^{1*} · 장주리¹ · 박희연¹ · 윤호동¹

¹국립수산과학원 식품안전과

Overall Composition, and Levels of Fatty Acids, Amino Acids, and Nucleotide-type Compounds in Wild Abalone *Haliotis gigantea* and Cultured Abalone *Haliotis discus hannai*

Mi-Soon Jang^{1*}, Joo Ri Jang¹, Hee-Yeon Park¹ and Ho-Dong Yoon¹

¹Food and Safety Research Center, National Fisheries Research & Development Institut, Busan 619-705, Korea

Abstract

Overall composition, and fatty acid, amino acid, and nucleotide-type compound levels in wild (*Haliotis gigantea*) and cultured abalone (*Haliotis discus hannai*), were investigated. Wild abalone had a higher moisture content than did cultured abalone, but the converse was true for crude protein content. In overall composition, crude lipid level was higher in the viscera than in the meat, with the greatest level, 2.02±0.15% (w/w), observed in the viscera of wild abalone. The major fatty acids were palmitic acid (16:0), oleic acid (18:1n-9), eicosatrienoic acid (20:3n-3, ETA), eicosapentaenoic acid (20:5n-3, EPA), and docosahexaenoic acid (22:6n-3, DHA). The omega-3 fatty acid content (EPA and DHA) was higher in wild than in cultured abalone. A total of 17 amino acids were detected in all abalone samples, most of which had high levels of aspartic acid, glutamic acid, glycine, and arginine, and low amounts of cysteine, methionine, and histidine. Glutamic acid was the most abundant of all amino acids. The content of free amino acids was related to taste score. The major free amino acids were taurine, alanine, and arginine, of which taurine was the most abundant, and was present at higher levels in wild compared to cultured abalone. The total contents of nucleotide-related compounds in wild and cultured abalone were 12.93 mg/100g and 30.75 mg/100g, respectively.

Key words : Wild abalone, cultured abalone, proximate composition, nucleotide, fatty acid, amino acid

서 론

전복은 옛날부터 식용으로 해운 주요 수산물의 하나로 간조선에서 수심 5~50 m 되는 외양의 섬 지방이나 암초에 서식하며 해조류를 주된 먹이로 한다고 알려져 있다. 전복은 현재 세계적으로 100여종 이상 알려져 있으며, 이 중 어획 대상이 되는 대형종은 20여 종으로 주로 온대수역에서 많이 생산되고 있다. 한국에는 소형종인 오분자기(*Haliotis diversicolor supertexta*)를 비롯하여 난류계의 대형

종인 말전복(*H. gigantea*), 까막전복(*H. discus*), 시볼트 전복(*H. sieboldii*), 한류계인 참전복(*H. discus hannai*) 등 5종이 알려져 있다(1).

전복은 해양에서 경제성을 가진 중요한 종으로 동아시아 지역에서 널리 양식되고 있다(2). 국내에서의 전복 양식은 1960년대에 국립수산과학원의 수산종묘배양장에서 종묘 생산을 시작한 것을 계기로, 1974년부터는 생산한 종묘를 양식어민에게 분양해오고 있다. 양식은 전복의 먹이인 해조류가 풍부한 신안, 진도, 완도, 고흥, 여수 등 전남지역에서 가두리양식의 형태로 활발하게 진행되고 있다. 한국의 전복 생산량은 2002년까지만 해도 연간 100톤 전후로서 생산어법은 일반해면어업(자연산)이 대부분이었으나,

*Corresponding author. E-mail : suni@nfrdi.go.kr,
Phone : 82-51-720-2651, Fax : 82-51-720-2669

2003년을 기점으로 생산어법 중 천해양식어업(양식산)이 늘어나 생산량이 크게 증가하여 그 비율이 2009년 현재까지 90% 이상을 차지하고 있다. 또한 생산금액의 경우, 2002년 115억원에서 2009년 현재 2,488억원으로 20배가 넘게 늘어났다고 보고되어 있다(3).

전복은 단백질이 풍부하고 지방질이 적으며 비타민 B₁, B₂가 많고 칼슘과 인 등의 미네랄이 많이 함유되어 피부미용, 자양강장, 산후조리 등에 효능이 있음이 보고되었다(4). 또한 taurine이 풍부하여 담석용해 및 간장의 해독기능을 강화하고, 콜레스테롤 저하와 심장기능의 향상 및 시력회복에 효과가 있는 것으로 알려져 건강식으로 추천되고 있다(5). 전복의 기능성 및 이용에 관한 연구로는 전복의 동결에 관한 연구(6,7), 전복의 건조방법에 따른 성분의 비교(8,9), 연령별 이화학적변화(10), 지질조성에 관한 연구(11)를 비롯하여 최근 전복 추출물이 혈압강하, 항산화 및 항혈전기능에 효과가 있는 것으로 밝혀졌고, 특히 육질에 비해 내장에 높은 항산화능이 있으며 이는 전복이 기능성 생리활성물질이 풍부한 해조류를 먹고 살기 때문이라 보고되었다(4). 하지만 오랜 양식기간에 비해 양식조건에 따른 자연산 말전복과 양식산 참전복을 비교 분석한 자료가 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 자연산 말전복과 양식산 참전복에 대한 일반성분을 비롯한 지방산, 아미노산 및 핵산관련 물질을 비교 분석하여 전복에 대한 기초자료로 활용하고자 한다.

재료 및 방법

재료

실험에 사용된 자연산 말전복(*Haliotis gigantea*)은 독도산으로 경상북도 수산자원개발연구소의 협조를 받아 시료를 구하였고, 양식산 참전복(*Haliotis discus hannai*)은 완도산으로 구입하였다. 자연산 말전복의 경우 대항, 양식산 참전복의 경우 다시마를 먹이로 섭취하였다. 두 가지 전복 시료는 비슷한 크기와 연령의 것을 사용하였고, 동일한 조건으로 다시마와 얼음을 채워 실험실로 옮겨와 세척한 후, 전복의 육과 내장으로 나눈 것을 동결건조 후 분쇄하여 실험재료로 사용하였다.

일반성분 분석

일반성분은 전복의 육과 내장을 마쇄하여 사용하였으며, AOAC 방법(12)에 의하여 분석하였다. 수분은 105°C의 dry oven에서 6시간 건조 후 측정하였고, 조단백질(N×6.25)은 Auto Kjeldahl System (Bunchi B-324/435/124, Switzerland; Metrohm 8-719/806, Switzerland)을 사용하여 분석하였다. 조지방은 ether로 추출하는 Soxhlet추출법, 조회분은 550°C의 회화로에서 4시간 태운 후 측정하였고, 탄수화물은 100

에서 수분, 조단백질, 조지방, 조회분을 뺀 함량으로 표시하였다. 모든 측정은 3회 반복 측정하여 평균값±표준편차로 나타내었다.

지방산 분석

전복의 육과 내장을 동결건조하여 분쇄한 시료 3 g에 대하여 4배량의 chloroform : methanol 혼합용매(2:1 v/v)를 가하여 homogenizer로 2분간 교반한 후, 여과하여 얻은 여액을 플라스크에 넣고 evaporator로 용매를 제거하여 지질을 추출하였다(13). 추출한 지질은 14% BF₃-methanol (Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA) 2 mL를 가하고 30분간 85°C에서 가열시킨 다음, 석유 ether로 추출하여 지방산 분석용 시료로 사용하였다. GC 분석조건은 HP-INNO Wax capillary column (30 m × 0.32 mm i.d., film thickness 0.5 μm, Hewlett-Packard, USA)이 장착된 gas chromatography (HP 6890, USA)로 carrier gas는 helium을 사용하였다. Injector와 detector (FID) 온도는 각각 250°C, 270°C로 설정하였고, oven 온도는 170°C에서 225°C까지 1°C/min 증가시켰다. 각 지방산은 동일 조건에서 표준지방산 methyl ester mixture (Sigma Chemical Co.)와 retention time을 비교하여 동정하였으며 함량은 각 peak의 면적을 상대적인 백분율로 나타내었다.

구성아미노산 분석

구성아미노산은 Lim 등(14)의 방법에 따라 시료 0.5 g을 정밀히 취하여 시험관에 넣고 6 N-HCl 15 mL를 가하여 감압밀봉한 후 110°C의 dry oven에서 24시간 이상 동안 산 가수분해 시켰다. Glass filter로 분해액을 여과하고 얻은 여액을 55°C에서 감압농축 하여 염산과 물을 완전히 증발시킨 다음, 농축된 시료를 sodium citrate buffer (pH 2.20)로 25 mL 정용플라스크에 정용하여 0.45 μm membrane filter로 여과 한 시료액을 아미노산자동분석기(Biochrom 30, Biochrom Ltd., Cambridge, England)로 분석하였다.

유리아미노산 분석

유리아미노산은 Lim 등(14)의 방법에 따라 시료 2 g에 ethanol 30 mL를 넣고 잘 섞은 다음 4°C에서 1시간 방치 후 30분간 균질화하였다. 시료액을 4°C에서 10,000 rpm으로 20분간 원심분리하여 얻은 상등액을 40°C에서 감압농축시킨 후 증류수를 넣어 행구어 여두기로 옮기고, ether로 행구어 여두기로 옮기는 과정을 2회 반복하였다. 여두기의 하층액을 수기로 옮겨 55°C이하에서 감압농축한 다음 증류수를 이용하여 감압농축을 3회 이상 반복하였다. 농축된 시료는 lithium citrate buffer (pH 2.20)로 25 mL 정용플라스크에 정용하고 sulfosalicylic acid (Sigma-Aldrich, Inc., USA) 1 g을 첨가하여 암실에서 1시간 방치시킨 후 원심분리 (10,000 rpm, 20분)하여 0.45 μm membrane filter로 여과

한 시료액을 아미노산자동분석기(Biochrom 30, Biochrom Ltd., Cambridge, England)로 분석하였다.

핵산관련물질

핵산관련물질 추출은 Ryu 등(15)의 방법에 따라 시료 0.5 g에 10% 과염소산(perchloric acid, PCA) 용액 10 mL를 가해 균질화 한 후, 4,000 rpm에서 10분간 원심분리하여 상층을 분리하였다. 침전물에 대하여 10% PCA 용액 10 mL로 위와 같은 조작을 2회 반복하여 상층액을 합하였다. 상층액을 여과하고 5N KOH로 pH를 6.5로 조정한 후, 10% PCA용액을 첨가하여 100 mL로 정용하였다. 0°C에서 30분간 정치한 후 0.45 µm membrane filter로 여과한 시료액을 HPLC UV/Vis 200 Series (Perkin Elmer, USA)를 사용하여 다음과 같은 조건으로 분석하였다. Column은 brownlee validated aqueous C18 (4.6 × 250 mm, 5 µm), 칼럼온도는 40°C, 이동상은 50 mM KH₂PO₄ (pH 7.5), 유속은 0.8 mL/min, UV detector 254 nm에서 10 µl를 주입하여 검출하였고, 표준용액의 retention time을 비교하여 핵산관련성분을 확인하였다. 핵산관련성분은 표준 검량선을 이용하여 각 시료용액의 peak 면적으로 환산하여 정량하였다. ATP, ADP, AMP, IMP, inosine, hypoxanthine 표준품은 Sigma사 제품을 사용하였고, 0.001~1.0 M 농도로 조제한 후, 위의 조건으로 분석하여 작성하였다

결과 및 고찰

일반성분

자연산 말전복과 양식산 참전복의 일반성분 분석 결과는 Table 1에 나타내었다. 자연산 육과 내장의 수분함량은 각각 82.46±0.66%와 78.59±1.03%이었고 양식산 육과 내장은 각각 78.55±0.14%와 75.26±0.19%로, 자연산 말전복이 양식산 참전복에 비해 수분함량이 높은 결과를 나타내었다. 조단백질 함량은 자연산 말전복의 육과 내장이 각각 11.09±0.18%와 12.63±1.40%이었고 양식산 참전복의 육과 내장은 각각 15.55±0.45%와 15.61±0.87%로, 자연산 말전복에 비해 양식산 참전복에서 더 높게 나타났다. 조지방 함량은 자연산과 양식산에 상관없이 전복의 육보다 내장에서 비교적 높은 값을 나타내었다. 전남 완도에서 생산된 3년생 양식 참전복의 수분 함량이 72.8%였던 Koh 등(16)의 연구결과와 제주도 앞바다에서 채취한 자연산 오분자기(*H. diversicolor japonica*)의 수분함량이 81.0%였다고 보고한 Ha & Song(17)의 연구결과와 유사하였다. Lee(10) 등의 연구에 따르면 전남 완도산 양식 전복을 연령에 따라 육과 내장으로 분리하여 일반성분 분석 결과 육의 경우 연령이 높아짐에 따라 수분이 81.6%에서 78.9%로 감소하였고, 내장의 경우도 79.3%에서 77.1%로 감소함을 보고하였다. 육

의 조단백질과 조지방은 4년생이 9.8%, 0.2%로 가장 많은 함량을 나타내었고, 내장의 경우 조단백질은 2년생이 4.7%, 조지방은 4년생이 2.8%로 가장 많은 함량을 나타낸다고 하였다. 또한 김 등(18)은 국내 유통되고 있는 자연산과 양식산 횡감용 활어 중 대표적인 9종(참돔, 방어, 돌돔, 조피볼락, 농어, 전어, 숭어, 넙치 및 오징어)의 일반성분 분석 결과 농어를 제외한 대부분의 양식산 활어가 자연산 활어에 비해 조지방 함량이 높았으며, 반대로 수분 함량이 상대적으로 낮았다고 보고한 연구결과도 있다. 한편, Moon 등(19)은 경남 사천에서 구입한 양식 바지락의 경우 일반성분 분석 결과 수분 78.9%, 조단백질 12.4%, 조지방 1.2%, 조회분 2.7%였다고 하였고, Jung 등(20)은 자연산과 양식산 꼬막의 일반성분 분석 결과 조단백질의 함량이 자연산보다 양식산에서 더 높게 나타난다고 하였다. 이상의 연구결과들은 대체적으로 본 연구결과와 유사하였으며, 서식환경과 먹이 종류에 따라 일반성분의 조성에 차이가 있을 것으로 사료되었다.

Table 1. Comparison of proximate composition of wild and cultured abalone

Composition (%)	Wild abalone <i>H. gigantea</i>		Cultured abalone <i>H. discus hannai</i>	
	meat	viscera	meat	viscera
Moisture	82.46±0.66 ^a	78.59±1.03	78.55±0.14	75.26±0.19
Crude protein	11.09±0.18	12.63±1.40	15.55±0.45	15.61±0.87
Crude lipid	0.29±0.00	2.02±0.15	0.34±0.01	0.76±0.02
Crude ash	2.16±0.09	2.06±0.14	2.17±0.16	2.57±0.19
Carbohydrate	4.00±0.11	4.70±0.24	3.39±0.05	5.80±0.27

^aMeans (n=3) with the same letter are not significantly different (p<0.05).

지방산 조성

자연산 말전복과 양식산 참전복의 지방산 조성을 분석하고 그 결과를 Table 2에 나타내었다. 자연산 말전복과 양식산 참전복의 육과 내장의 포화지방산(saturated fatty acid, SFA)로서는 palmitic acid (16:0)의 함량이 가장 많았고, 불포화지방산(unsaturated fatty acid, PUFA)으로는 oleic acid (18:1), eicosatrienoic acid (20:3, ETA), eicosapentaenoic acid (20:5, EPA) 및 docosahexaenoic acid (22:6, DHA)가 많이 함유되어 있었다. Lee(10) 등은 전남 완도산 양식 전복을 연령에 따라 육과 내장으로 분리하여 지방산 분석 결과 생육 단계에 따른 전복 육의 포화지방산 함량은 45.01±0.81~48.12±0.77%, 단일불포화지방산은 20.91±0.40~22.96±0.41% 및 다가불포화지방산은 29.54±0.48~32.03±0.58%의 조성이었으며, 전반적으로 전복에는 불포화 지방산이 다량 함유되어 있다고 보고하였다. Jung 등(12)은 자연산과 양식산 꼬막의 지방산을 분석한 결과, 16:0의 비율이 가장 높게 나타났고 양식산 꼬막에서 함량이 더 높게 나타난다고

보고했는데, 본 연구에서도 16:0의 함량이 가장 높았고 양식산 참전복에 더 많이 함유되어 있음을 알 수 있었다. PUFA의 총 함량은 자연산 말전복이 양식산 참전복보다 높은 함량을 나타내었는데, 특히 자연산 말전복의 육에는 EPA와 DHA가 각각 13.61% 및 11.41%로 양식산 참전복의 육에 함유되어 있는 11.06% 및 8.62%보다 더 많이 함유되어 있는 것으로 나타났다. 또한, 자연산과 양식산에 상관없이 전복에는 공통적으로 n-3계열의 지방산 함량이 높았는데, 지금까지 알려진 n-3계열 지방산의 생리기능으로써는 혈액콜레스테롤 저하효과를 통한 각종 심장혈관계 질환의 예방효과, 항종양효과, 기억학습능력의 저하 예방효과 등이 알려져 있다. 한편, 북유럽 지방에서는 오래전부터 류마티스성 관절염 등에 어유(fish oil)를 대중요법으로 이미 사용하고 있으며 임상실험에서도 이들의 효과를 인정하고 있다고 한다(21). 18:0/18:2의 비율이 클수록 지방의 경도가

크고 두께 또한 두껍다는 것을 나타낸다고 하였다(22). Table 2에 나타난 것처럼 자연산 말전복 육의 경우 18:0/18:2의 비가 3.88이었고 양식산 참전복은 2.51로, 자연산 말전복 육에서 높은 값을 나타낸 것으로 보아, 자연산 말전복의 육 내 지방조직이 더 두껍고 단단함을 예측할 수 있었다. 또한, Vantanser 등(23)에 의하면 n-6/n-3의 비율과 18:2/18:3의 비율이 낮을수록 질긴 육질을 형성하였다고 보고하였는데, 본 연구에서는 자연산 말전복의 육이 양식산 참전복의 육보다 n-6/n-3 및 18:2/18:3의 비율 모두 낮은 값을 나타내었다. 이러한 결과로부터 자연산 말전복의 육은 양식산 참전복의 육보다 지방조직이 두껍고 단단해 질긴 육질을 형성함으로써, 자연산 말전복을 섭취할 때 좀 더 단단함을 느낄 것으로 예측되었다.

구성아미노산 함량

아미노산은 화학구조에 따라 여러 형태로 존재하며, 주로 단백질을 구성하고 있는 것과 유리된 형태로 존재한다. 또한 아미노산의 결합 형태에 따라 여러 개가 연결된 펩타이드, 당 또는 지질과 결합되어 있는 복합단백질 등의 형태로도 미량 존재한다. 아미노산은 영양 성분 뿐만 아니라 맛 성분에 기여하는데, 특히 유리아미노산이 핵산관련성분과 함께 생선의 맛에 중요한 역할을 한다(24, 25). 유리아미노산은 생리활성 물질의 구성 성분일 뿐만 아니라 어류의 정미성분으로 중요하며, 수산물에 있어 아미노산의 증가는 맛을 상승시키는 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다(26, 27). 자연산 말전복과 양식산 참전복의 구성아미노산 함량에 대한 결과는 Table 3과 같으며, 총 17개의 구성아미노산이 분석되었다. 주요 구성아미노산으로 aspartic acid, glutamic acid, glycine 및 arginine 등이 확인되었고, cystine, methionine, histidine 등의 함량은 낮았다. 주요성분 중에서 가장 높은 함량을 나타낸 glutamic acid는 맛 관련 성분 중 감칠맛을 내는 아미노산으로 자연산 말전복의 육과 내장에 각각 15.50, 11.97%, 양식산 참전복의 육과 내장에는 각각 15.18, 10.83%를 나타내었다. 숙취해소에 효과가 있는 aspartic acid 함량은 자연산 말전복의 육과 내장이 각각 10.41, 10.93%, 양식산 육과 내장이 9.47, 9.95%를 나타내었다. 필수아미노산(EAA: threonine, valine, methionine, isoleucine, leucine, phenylalanine, histidine, lysine, arginine)의 총 함량은 양식산 참전복의 내장에 47.07%로 가장 높게 나타났고, 자연산 말전복의 육과 양식산 참전복의 육에는 큰 함량 차이를 보이지 않았으며 공통적으로 필수아미노산 중 arginine의 함량이 가장 높았다. Cystine, methionine과 같이 체내에서 분해 중에 sulfur group을 생성함으로써 간장의 해독작용 등을 하는 함황아미노산(SAA: methionine, cystine) 함량은 자연산 말전복의 육과 내장에 각각 3.14, 5.04%, 양식산 참전복의 육과 내장에는 각각 3.22, 3.75%로 나타났으며, 자연산 말전복의 내장에서 높은 함량을 나타

Table 2. Comparison of fatty acid composition(%) of wild and cultured abalone

Fatty acid	Wild abalone <i>H. gigantea</i>		Cultured abalone <i>H. discus hannai</i>	
	body	viscera	body	viscera
14:0	5.98	5.76	6.86	5.78
16:0	21.19	18.99	23.31	19.99
18:0	4.81	4.13	4.39	3.76
22:0	-	0.88	-	0.77
24:0	-	0.30	-	-
¹ SFA	31.98	30.06	34.56	30.30
16:1n-7	1.08	2.99	2.11	3.20
18:1n-9	16.33	14.50	17.09	16.89
20:1n-9	-	0.79	-	0.87
² MUFA	17.41	18.28	19.20	20.96
18:2n-6	1.24	2.94	1.75	2.20
18:3n-3	1.38	2.66	1.54	1.93
20:2n-6	4.67	7.42	4.57	6.24
20:3n-6	-	0.75	-	0.99
20:3n-3	14.88	14.11	14.64	12.47
20:4n-6	-	0.92	-	0.79
20:5n-3	13.61	15.04	11.06	15.82
22:5n-3	3.71	2.17	4.07	2.75
22:6n-3	11.14	5.64	8.62	5.53
³ PUFA	50.63	51.65	46.25	48.72
18:0/18:2	3.88	1.40	2.51	1.71
n-6/n-3	0.13	0.28	0.16	0.24
18:2/18:3	0.90	1.11	1.14	1.14

¹SFA (saturated fatty acid).

²MUFA (monounsaturated fatty acid).

³PUFA (polyunsaturated fatty acid).

내었다. 또한 뇌의 신경전달 물질의 원료로 사용되는 방향족 아미노산(FRAA: phenylalanine, tyrosine)의 함량은 자연산 말전복의 육과 내장에 각각 5.97, 8.09%, 양식산 참전복의 육과 내장에 각각 5.88, 8.47%로 자연산 말전복과 양식산 참전복 간의 큰 차이는 없었다. Moon 등(19)은 경남 사천에서 구입한 양식 바지락의 경우 주요 구성아미노산을 분석한 결과 aspartic acid, glutamic acid, proline, glycine의 함량이 가장 많았다고 보고하였는데 본 연구결과와 유사하였다.

Table 3. Comparison of amino acid of wild and cultured abalone
(% to total amino acid)

Amino acid	Wild abalone <i>H. gigantea</i>		Cultured abalone <i>H. discus hannai</i>	
	body	viscera	body	viscera
Aspartic acid	10.41	10.93	9.47	9.95
Threonine	4.09	5.55	4.02	5.07
Serine	5.24	4.59	5.00	4.82
Glutamic acid	15.50	11.97	15.18	10.83
Proline	0.91	3.32	4.87	3.02
Glycine	11.05	7.19	10.38	6.88
Alanine	6.22	4.60	5.84	4.88
Cystine	0.89	3.01	0.99	1.44
Valine	4.12	5.39	4.03	5.18
Methionine	2.25	2.03	2.23	2.31
Isoleucine	3.53	4.15	3.43	4.06
Leucine	6.60	6.76	6.39	6.86
Tyrosine	2.87	3.68	2.90	4.10
Phenylalanine	3.10	4.41	2.98	4.37
Histidine	1.45	2.59	1.47	2.22
Lysine	6.13	6.47	5.59	7.25
Arginine	10.05	6.83	10.10	9.75
¹ EAA	41.32	44.18	40.64	47.07
² SAA	3.14	5.04	3.22	3.75
³ FRAA	5.97	8.09	5.88	8.47

¹EAA (essential amino acid)
²SAA (amino acid with sulfide)
³FRAA (fragrant amino acid)

유리아미노산 함량

자연산 말전복과 양식산 참전복의 유리아미노산 함량은 Table 4에 나타내었다. 유리아미노산은 생체활성 물질의 구성성분으로 중요할 뿐만 아니라 그 자체가 특징 있는 맛을 식품에 부여하고 있으며(27), glycine, alanine, glutamic acid, lysine, serine, threonine등이 주로 단맛과 감칠맛을 내는 정미성분으로 알려져 있다. Table 4에 나타내었듯이 자연산 말전복의 주요 유리아미노산은 taurine, arginine, glycine 이었고, 양식산 참전복의 주요 유리아미노산은

Table 4. Comparison of free amino acid of wild and cultured abalone

Free amino acid	(% to total amino acid)			
	Wild abalone <i>H. gigantea</i>		Cultured abalone <i>H. discus hannai</i>	
	body	viscera	body	viscera
Phosphoserine	0.37	1.22	0.32	0.65
Taurine	55.58	62.25	37.94	42.86
Phenylalanine	-	-	-	-
Urea	-	-	-	-
Aspartic acid	-	-	-	-
Hydroxyproline	-	-	-	-
Threonine	-	-	-	-
Serine	4.02	-	2.86	0.38
Asparagine	-	-	-	-
Glutamic acid	0.06	-	0.03	-
Sarcosine	-	-	-	-
α -aminoadipic acid	0.42	0.29	0.35	0.44
Proline	1.01	1.88	0.82	0.36
Glycine	6.33	5.84	0.23	0.04
Alanine	4.14	5.97	14.74	40.54
Citrulline	0.09	0.16	6.66	3.93
α -amino-n-butyric acid	0.09	0.06	0.25	0.01
Valine	1.25	0.95	2.15	0.34
Cystine	0.08	0.31	0.06	0.04
Methionine	-	0.18	0.14	0.10
Cystathionine	0.03	0.19	0.10	0.12
Isoleucine	0.77	0.63	1.07	0.21
Leucine	1.18	0.85	1.93	0.32
Tyrosine	1.78	0.40	1.67	0.23
β -alanine	0.77	0.34	0.85	0.17
Phosphoethanolamine	-	-	-	0.05
β -aminoisobutyric acid	1.04	-	1.78	-
Homocystine	-	-	-	-
γ -amino-n-butyric acid	-	-	-	-
Ethanolamine	-	0.01	0.04	-
Ammonium chloride	0.63	2.46	1.65	1.30
δ -hydroxylysine	-	0.42	0.07	-
Ornithine	0.20	0.29	0.37	0.09
Lysine	1.76	1.24	2.70	0.66
1-methylhistidine	-	-	-	-
Histidine	1.72	0.37	1.13	0.16
Tryptophan	0.43	-	0.17	-
Anserine	-	-	-	-
Carnosine	-	-	-	-
Arginine	16.26	12.98	19.90	7.02

taurine, alanine, arginine 이었다. 제주도 앞바다에서 채취한 자연산 오분자기(*H. diversicolor japonica*)의 유리아미노산을 분석한 결과 taurine, arginine 그리고 glycine의 순으로 함량이 많았다고 보고한 Ha 와 Song(17)의 연구결과와 일치하였다. 또한, 자연산 말전복과 양식산 참전복의 육과 내장에는 공통적으로 taurine 함량이 가장 높았는데, 특히 자연산 말전복의 육과 내장에서 각각 55.58, 62.25%를 나타내어 양식산 참전복의 37.94% 및 42.86% 보다 더 높은 함유량을 나타내었다. Taurine은 근육 및 피로회복, 당뇨병 예방, 신경안정, 고혈압, 고지혈증과 같은 성인병을 예방한다고 알려져 있으며, 면역증강작용, 해독작용 및 각종의 흥분성 조절에 대한 생리적 효과가 있다고 보고되어 있다(5). Konosu 등(28)은 전복의 엑스분 중에는 taurine, arginine 및 glycine의 함량이 월등하게 많다고 보고하였는데, 이와 같은 결과들로부터 taurine은 전복류의 대표적인 유리아미노산으로 생각되었다. 한편, 단맛 관련 성분인 alanine은 자연산 말전복의 육과 내장에 각각 4.14 및 5.97% 함유되어 있는데 반해 양식산 참전복의 육과 내장에 각각 14.74, 및 40.54%를 나타내어 양식산 참전복에 alanine이 더 많이 함유되어 있음을 알 수 있었다. 이러한 아미노산 농도의 변화는 단백질분해효소에 의한 육성분의 분해 결과 때문으로, 이는 맛의 조화에 크게 기여할 것으로 사료되었다. Hayashi 등(29)은 자숙 계육의 정미성분 중 유리아미노산류가 무기질과 더불어 가장 중요한 정미발현 성분이었으며, 이 중 특히 glycine, arginine, alanine 및 glutamic acid 등의 역할이 컸다고 보고하였다.

핵산관련물질 분석

자연산 말전복과 양식산 참전복의 핵산관련물질을 분석한 결과를 Table 5에 나타내었다. 자연산 말전복과 양식산 참전복의 핵산관련물질의 총 함량은 각각 12.93 mg/100g, 30.75 mg/100 g을 나타내어 양식산 참전복에 2배 이상의 핵산관련물질이 함유되어 있음을 나타내었다. ATP 함량은 자연산 말전복과 양식산 참전복의 육에 각각 5.19, 13.58 mg/100 g, 내장의 경우 각각 1.72, 6.55 mg/100 g을 나타내었고, ADP 함량은 자연산 말전복과 양식산 참전복의 육에 각각 0.76, 1.33 mg/100 g, 내장의 경우 각각 0.36, 1.06 mg/100 g을 나타내었으며, AMP 함량은 양식산 참전복의 내장에서만 0.04 mg/100 g을 나타내었다. 또한, 정미발현성분인 IMP 함량은 자연산 말전복과 양식산 참전복의 육에서는 큰 차이를 보이지 않았으나, 내장에서 자연산 말전복에 비해 양식산 참전복에 더 많은 IMP가 존재하는 것으로 나타났다. ATP는 휴면상태의 어류 근육에서 중요한 핵산관련 성분이며, 효소적 탈인산화과정을 거쳐서 ADP와 AMP를 생성한다. ATP 분해산물 중, IMP는 향미 강화제로 어류의 정미발현성분으로, IMP의 함량은 어류의 신선도 및 품질을 평가하는 지표로 작용한다고 한다(30). 또한 유리아미노산

Table 5. Comparison of concentrations of nucleotides in wild and cultured abalone

Nucleotide	(mg/100 g)			
	Wild abalone <i>H. gigantea</i>		Cultured abalone <i>H. discus hannai</i>	
	body	viscera	body	viscera
ATP	5.19	1.72	13.58	6.55
ADP	0.76	0.36	1.33	1.06
AMP	-	-	-	0.04
IMP	1.28	0.27	1.36	2.33
Inosine	-	-	0.21	0.34
Hypoxanthin	2.14	1.21	1.74	2.21
Total	9.37	3.56	18.22	12.53
	12.93		30.75	

과의 상승작용이 있어 어류의 식미에 큰 역할을 한다고 Konosu 등(31)은 보고하였다. Hypoxanthine (Hx)함량은 불쾌취를 야기하는 핵산관련성분으로 쓴 향(bitter flavor)에 기여한다. 여러 연구자들에 의하면 Hypoxanthine (Hx) 함량은 IMP와 같이 여러 종류의 생선에서 신선도의 정확한 지표로 활용될 수 있다고 보고하였으나 Hx의 생성은 어종에 따라 상당히 다르다고 보고되어 있으며(32), 백색어육보다 적색어육에서 더 많이 생성 될 수 있다고 하였다(33, 34). 한편, 제주도 앞바다에서 채취한 자연산 오분자기(*H. diversicolor japonica*)의 경우 AMP가 2.21 $\mu\text{mole/g}$ 으로 가장 많았고, hypoxanthine, ADP, ATP 순으로 나타났으며, IMP와 inosine은 미량 발견되었다고 보고하였다(17). 본 연구결과에서는 ATP, IMP, ADP, Hypoxanthine 순으로 함량이 높게 나타나 Ha 와 Song(17)의 연구결과와 조금의 차이가 있었다. 또한 양식산 참전복에 비해 자연산 말전복의 육과 내장에서는 AMP와 Inosine이 전혀 검출되지 않은 점도 차이점이라 할 수 있겠다. 김 등(35)의 연구결과에 의하면 생선회 맛에 가장 큰 영향을 주는 요인인 IMP 함량이 자연산에 비해 양식산이 더 높은 함량을 보였다고 보고한 것처럼 본 연구도 같은 결과를 나타내었으며, 이 결과로부터 생각해볼 때, 소비자들이 말전복보다는 참전복을 헛감용으로 더 선호하는 것은 IMP의 함량이 높기 때문으로 판단된다.

요 약

본 연구에서는 자연산 말전복과 양식산 참전복의 일반성분을 비롯한 지방산, 아미노산 및 핵산관련물질을 비교 분석하여 전복에 대한 기초자료로 활용하고자 하였다. 자연산 말전복과 양식산 참전복을 육과 내장으로 분리하여 실험한 결과, 육의 경우 자연산 말전복이 양식산 참전복에 비해

수분함량이 높게 나타났으며, 내장도 동일한 결과를 나타냈다. 조단백질 함량은 자연산 말전복에 비해 양식산 참전복에서 더 높게 나타났고, 조지질 함량은 자연산말전복과 양식산 참전복에 공통적으로 육보다는 내장에 더 많이 함유되어 있는 것으로 나타났다. 특히, 자연산 말전복의 내장에 조지질 함량이 $2.02 \pm 0.15\%$ 로 가장 높은 값을 나타내었다. 자연산 말전복 및 양식산 참전복의 육과 내장의 포화지방산(SFA)으로는 palmitic acid (16:0), 단일불포화지방산(MUFA)으로는 oleic acid (18:1n-9), 다가불포화지방산(PUFA)으로는 eicosatrienoic acid (20:3n-3, ETA), eicosapentaenoic acid (20:5n-3, EPA) 및 docosahexaenoic acid(22:6n-3, DHA)가 많이 함유되어 있었다. 대표적인 오메가-3 지방산인 EPA와 DHA의 함량은 자연산 말전복의 육에 양식산 참전복의 육보다 더 높은 함량을 나타내었다. 자연산 말전복과 양식산 참전복에서 총 17개의 구성아미노산이 분석되었고, 주요 구성아미노산으로 aspartic acid, glutamic acid, glycine 및 arginine 등이 확인되었고, cystine, methionine, histidine 등의 함량은 낮았다. 또한, 자연산 말전복과 양식산 참전복의 주요 유리아미노산은 taurine, alanine, arginine, glycine 등으로 확인되었으며, 자연산 말전복의 육과 내장에 더 많은 taurine이 함유되어 있는 것으로 나타났다. 한편, 자연산 말전복과 양식산 참전복의 핵산관련물질의 총 함량은 각각 12.93 mg/100g 및 30.75 mg/100g으로 2배 이상의 함량차이를 나타내었다. 본 연구결과 자연산 말전복과 양식산 참전복 간에는 약간의 성분의 차이를 나타내었는데, 이는 전복의 먹이 섭취에 따라 조금의 차이가 있을 것으로 사료되었다.

감사의 글

본 연구는 국립수산물품질관리원(전통수산물식품의 표준화 및 편이식품 개발 연구, RP-2010-BT-024)의 지원에 의해 운영되었습니다.

참고문헌

1. Yoo, J.S. (1991) Korean shells in color, Ilji Press, Seoul, Korea, p.110
2. Marchant, S., Haye, P.A., Marin, S.A. and Winkler, F.M. (2009) Genetic variability revealed with microsatellite markers in an introduced population of the abalone *Haliotis discus hannai* Ino. Aquac. Res., 40, 298-304
3. Fishery production survey. (2009) <http://fs.fips.go.kr>
4. Kim, H.L., Kang, S.G., Kim, I.C., Kim, S.J., Kim, D.W., Ma, S.J., Gao, T., Li, H., Kim, M.J., Lee, T.H. and Ham,

- K.S. (2006) *In vitro* anti-hypertensive, antioxidant and anticoagulant activities of extracts from *Haliotis discus Hannai*. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 35, 835-840
5. Kim, S.J., Seo, H.L., Lee, H.M., Yeom, J.U., Kim, G.H., Jang, E.S., Baeg, Y.H. and Jeon, B.H. (2003) The effect of exercise and taurine supplementation on body weight, blood glucose, insulin and cholesterol levels in streptozotocin induced diabetic rats. Korean J. Exercise Nutr., 7, 257-263
6. Song, D.J. (1973) Studies on freezing of abalone (1) Effects of freezing rate on the quality of frozen abalone. Bull. Korean Fish. Soc., 6, 101-111
7. Song, D.J. (1978) Studies on freezing of abalone (2) Histological changes by freezing. Bull. Korean Fish. Soc., 11, 91-95
8. Kang, H.I. and Kang, T.J. (1981) Some chemical composition of abalone and sea cucumber as affected by drying methods. J. Korean Agric. Chem. Soc., 24, 126-131
9. Park, J.W., Lee, Y.J., Park, I.B., Shin, G.W., Jo, Y.C., Koh, S.M., Kang, S.G., Kim, J.M. and Kim H.S. (2009) Comparison of the Physicochemical Properties of Meat and Viscera of Dried Abalone (*Haliotis discus hannai*) Prepared using Different Drying Methods. Korea J. Food Preserv., 16, 686-698
10. Lee, Y.J., Park, J.W., Park, I.B., Shin, G.W., Jo, Y.C., Koh, S.M., Kang, S.G., Kim, J.M. and Kim H.S. (2009) Comparison of the Physicochemical Properties of Meat and Viscera with respect to the age of Abalone (*Haliotis discus hannai*). Korea J. Food Preserv., 16, 849-860
11. Yoon, H.D., Byun, H.S., Kim, S.B. and Park, Y.H. (1986) Lipid composition of purple shell and abalone. Bull. Korean Fish. Soc., 19, 446-452
12. A.O.A.C. (2005) Official methods of analysis of AOAC International 18th ed. AOAC International, Washington, D.C.
13. Folch, J., Lees, M. and Sloane Stanley G.H. (1957) A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. J. Biol. Chem., 226, 497-509
14. Lim, C.W., Kim, Y.K., Kim, D.H., Park, J.I., Lee, M.H., Park, H.Y. and Jang, M.S. (2009) Comparison of quality characteristics of melania snails in Korea. Korean. J. Fish Aquat. Sci., 42, 555-560
15. Ryu, K.Y., Shim, S.L., Kim, W., Jung, M.S., Hwang, I.M., Kim, J.H., Hong, C.H., Jung, C.H. and Kim, K.S. (2009) Analysis of the seasonal change of the proximate composition and taste components in the conger eels

- (*Conger myriaster*) J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 38, 1069-1075
16. Koh, S.M., Kim, H.S., Cho, Y.C., Kang, S.G. and Kim, J.M. (2009) Preparation and Physicochemical Characteristics of abalone meat aged in kochujang. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 38, 773-779
 17. Ha, J.H. and Song, D.J. (1982) Taste compounds of abalone, *Haliotis diversicolor japonica*. Bull. Korean Fish Soc., 15(2), 117-122
 18. Kim, Y.C., Oh, S.M., Park, C.Y., Kim, S.M., Son, M.J., Jung, H.J., Lee, N.G. and Cho, Y.J. (2006) Comparison of the nutrient components in Wild and Cultured Fishes Collected from Coast of Korea. 2006 Annual Meeting of Korean Society of Fisheries and Aquatic Science, p.151-152
 19. Moon, J.H., Kang, S.T., Kim, J.T. and Oh, K.S. (2002) Processings and taste compounds of flavoring substance from short-neck clam. J. Ins. Marine Industry, 15, 7-16
 20. Jung, J.E. (1987) Comparison free amino acid and fatty acid composition between wild cockle clam and cultured one. Korean J. Nutr., 20, 456-462
 21. Park, B.S. and Hwangboo, J. (2000) Omega fatty acid, Hyoil Publishing Co., Korea, p.88-100
 22. Busboom, J.R., Miller G.J., Field, R.A. Crouse, J.D., Riley, M.L., Nelms, G.E. and Ferrell, C.L. (1981) Characteristics of fat from heavy ram and wether lambs. J. Anim. Sci., 52, 83-92
 23. Vatansver, L, Kurt, E., Enser, M., Nute, G.R., Scollan, N.D., Wood, J.D. and Richardson, R.I. (2000) Shelf life and eating quality of beef from cattle of different breeds given diets differing in n-3 polyunsaturated fatty acid composition. J. Anim. Sci., 71, 471-482
 24. Hong, C.H. (2003) Study on the changes of taste compounds of the raw fish in the foodservice industry. MS Thesis. Chosun University, Gwangju, Korea, p.7
 25. Yamaguchi, S. (1991) Roles and efficacy of sensory evaluation in studies of taste. J. Jpn. Soc. Food Sci. Technol., 38, 972-978
 26. Japan Foods Industry Association. (1984) Method of food analysis. Kouring, Tokyo, Japan, p.491-508
 27. Ohta, S. (1976) Food seasoning. Saiwaisyobow, Tokyo, Japan, p.146-187
 28. Konosu, S., Watanabe, K. and Shimizu, T. (1974) Kistribution of nitrogenous constituents in the muscle extract of eight species of fish. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish, 40, 909-915
 29. Hyashi, T, Asakawa, A, Yamaguchi, K and Konosu, S. studies on flavor components in boiled crabs-III. Sugars, organic acids and minerals in the extracts. Bull. Japan Soc. sci. Fish. 45:1325-1329. 1979
 30. Fletcher, G.C., Statham, J.O. (1988) Shelf life of sterile yellow-eyed mullet (*Aldrichetta forsteri*) at 4°C. J. Food Sci., 53, 1030-1035
 31. Konosu, S., Maeda, Y. and Fujita, T. (1960) Evaluation of inosinic acid and free amino acids as tasting substance in the Katsuwobushi stock. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish, 26, 45-48
 32. Huss, H.H. (1988) Fresh fish: quality and quality changes. No 29. FAO. Rome, Italy, p.132
 33. Murata, M. and Sakaguchi, M. (1986) Storage of yellowtail (*Seriola quinqueradiata*) white and dark muscle in ice: Changes in content of adenine nucleotides and related compounds. J. Food Sci., 51, 321-326
 34. Watabe, S., Kamal, M. and Hashimoto, K. (1991) Postmortem changes in ATP, creatine phosphate, and lactate in sardine muscle. J. Food Sci., 56, 151-153
 35. Kim, Y.C., Oh, S.M., Park, C.Y., Kim, S.M., Son, M.J., Jung, H.J., Lee, N.G. and Cho, Y.J. (2006) Comparison of the taste components in Wild and Cultured Fishes Collected from Coast of Korea. 2006 Annual Meeting of Korean Society of Fisheries and Aquatic Science, p.153-154

(접수 2010년 2월 25일, 수정 2010년 6월 29일, 채택 2010년 7월 2일)