

삿갓조개류의 식품 영양성분 특성

문수경 · 김인수 · 정보영*

경상대학교 식품영양학과/농업생명과학연구원

Characteristics of Food Nutrition Component of Limpets *Cellana* spp.

Soo-Kyung Moon, In-Soo Kim and Bo-Young Jeong*

Department of Food and Nutrition/Institute of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

The proximate, fatty acid and dimethyl acetal (DMA) composition, and mineral and total amino acid content of limpets *Cellana* spp. were studied. Limpets contained 17.6% protein, 1.82% lipids, and 1.28% ash. The most prominent fatty acids in limpets were 20:4n-6, 20:5n-3, 18:1n-9, 16:0, 18:0, and 22:2 nonmethylene-interrupted diene (7,13). Limpets contained significant amounts of 18:0DMA (7.79%) and 20:0DMA (2.45%) derived from plasmalogen. They also contained large amounts of calcium (192.4 mg/100 g) and iron (9.4 mg/100 g), which are components of limpet teeth. The most prominent total amino acids were glutamic acid, arginine, aspartic acid, leucine, lysine, and glycine. These results suggest that limpets are a good source of n-3 and n-6 fatty acids, plasmalogen, calcium iron, and arginine.

Key words: Amino acid, Fatty acid, Limpets *Cellana* spp., Mineral, Proximate composition

서 론

삿갓조개과는 복족강 전새아강 원시복족목에 속하며, 애기삿갓조개(*Cellana toreuma*), 진주배말(*Cellana grata grata*), 큰배말(*Cellana nigrolineata*) 등 3종류가 우리나라에서 서식하고 있고, 일본, 중국, 대만 등 세계 각지에 분포하고 있다. 삿갓조개류(limpets)의 형태는 이름처럼 삿갓모양을 하고, 각정에서 떨어져나가는 방사상의 띠가 있으며, 각정이 앞쪽으로 치우쳐 있다(Kwon et al., 1993; Kawashima et al., 2002). 이들은 주로 조간대의 바위 표면에 붙어 있는 해조류나 미세조류를 줄(file) 같은 치설을 이용하여 갉아 먹고 사는 것으로 알려져 있다(Lu and Barber, 2012). 우리나라에서 이들 삿갓조개류는 거북손, 군부등과 함께 예로부터 별미로 알려져 왔으나, 최근 마스크에 의해 알려지기 전까지는 섬 주민들 이외 일반 소비자들에게는 다소 생소한 수산식품의 하나였다. 최근 삿갓조개류는 남해안이나 제주도, 울릉도 등에서 주로 밥, 죽, 된장국, 칼국수 등의 요리에 이용되거나, 생식이나 데쳐서 초무침으로도 이용되고 있다. 그러나 삿갓조개류는 현재 우리나라에서 생산량이 많지 않아 일반 시장에서는 잘 유통되고 있지 않고, 인터넷상으로도 소량 거래되고 있는 수준이다. 하지만 하와이에서는 삿갓조개류(*Cellana* spp.)를 “ophi”라고 부르며, 맛있는 수산식품의 하나로서

시장에서 유통되고 있고, 경제적 가치가 높기 때문에 양식에 관한 연구가 상당히 진행되고 있다(Hua and Ako, 2014; 2016).

현재까지 우리나라에서 대부분의 삿갓조개류는 식품의약품 안전처의 식품원료로 등록되어 있지 않고, 다만 구멍삿갓조개과의 “구멍삿갓조개(*Macroschisma sinense*)”만 등록되어 있다(MFDS, 2017a). 또한 삿갓조개류의 식품 영양성분에 대한 국내 자료는 전무한 상태이고, 해외에서도 극히 소수에 불과하다(Kawashima et al., 2001; Zlatanov et al., 2009). 따라서 본 연구는 최근 진귀한 수산식품으로 많은 관심을 받고 있는 삿갓조개류의 식품 영양성분 특성에 대한 정보를 소비자들에게 제공하고자 통영산 삿갓조개류를 구입하여 일반성분과 n-3 지방산 조성, 그리고 무기질과 총 아미노산 조성을 분석하였다.

재료 및 방법

재료

분석에 사용된 삿갓조개류 시료는 2016년 3월 통영시 소재 모 수산물유통회사로부터 약 1 kg (각 개체 각장 3.3-4.0 cm, 각고 1.3-1.8 cm, 체중 3.9-8.2 g)을 구입하였다. 이 시료는 통영연안 도서지역에서 채취된 것을 구입하여 가볍게 세척한 다

<https://doi.org/10.5657/KFAS.2017.0453>



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 50(4) 453-457, August 2017

Received 25 July 2017; Revised 8 August 2017; Accepted 9 August 2017

*Corresponding author: Tel: +82. 55. 772. 1435 Fax: +82. 55. 772. 1440

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

음 지속하여 패각을 제거한 후 전체 조직(내장 포함)을 분석시료로 사용하였다. 이들 시료는 speed cutter (NFM-8860, NUC Co. Ltd., Korea)에 의하여 마쇄 혼합한 후 일부는 즉시 분석에 사용하고, 나머지는 -70°C 의 냉동고(WUF-500, DAIHAN Scientific Co. Ltd., Korea)에 저장하여 두고 분석에 사용하였다. 일반성분과 지방산 조성의 분석은 각 시험구 당 3 그룹으로 나누고, 각 그룹을 1회씩 분석하여 각 시험구 당 총 3회씩 분석하여 평균치를 나타내었으나, 무기질과 총아미노산 분석은 각각 2 그룹으로 나누고 각 그룹당 1회씩 분석하여 총 2회 분석의 평균치로 나타내었다.

일반성분 조성 분석

수분은 상압가열건조법으로, 단백질($\text{N} \times 6.25$)은 semimicro kjeldhal 법으로, 회분은 건식회화법으로 각각 측정하였다. 총지질(total lipid, TL)은 Bligh and Dyer (1959)법으로 추출하여 증량법으로 측정하였다.

지방산 및 dimethyl acetal 조성 분석

TL의 지방산 methyl ester 및 dimethyl acetal (DMA) 조성은 14% BF_3 -Methanol 용액을 이용하여 조제하였다(AOCS, 1998). TL의 지방산 및 DMA 조성은 Omegawax 320 fused silica capillary column (30 m \times 0.32 mm \times 0.25 μm film thickness, Supelco, Inc. Bellefonte, USA)을 장착한 gas chromatograph (GC-2010 Plus, Shimadzu Seisakusho, Co, Ltd. Kyoto, Japan)로서 분석하였다. 시료 주입구(injector) 및 FI (flame ionization) 검출기(detector) 온도는 250°C 로 하였으며, 컬럼오븐(column oven) 온도는 180°C 에서 8분간 유지한 후 $3^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 으로 230°C 까지 승온시킨 다음 15분간 유지하였다. Carrier gas는 He (54.0 mL/min)을 사용하고, split ratio는 1:50으로 하였다. 분석된 지방산은 시료의 경우와 동일한 조건에서 분석한 표준품(Supelco 37 Component FAME Mix., Sigma-Aldrich Korea, Korea)의 머무름시간(retention time)과 비교하여 동정하고, 표준품이 없는 지방산(Ackman, 1986; Moon et al., 2005)과 DMA (Moon et al., 2013)의 경우는 문헌상의 ECL (equivalent chain length)과 비교하여 동정하였다. 내부 표준품으로는 methyl tricosanoate (99%, Sigma-Aldrich Korea, Korea)를 사용하였다.

무기질 함량 분석

무기질 함량은 시료 1 g을 식품공전에 따라 질산-과염소산을 사용하는 습식분해법으로 분해하여 100 mL로 정용한 후 일정량을 ICP spectro- photometer (OPTIMA 4300DV, Perkin Elmer Co., USA)로 분석하였다.

총 아미노산 함량 분석

총 아미노산은 잘 마쇄된 시료 100 mg을 test tube에 정확히 취한 후, 6N HCl 3 mL를 가하여 질소를 충전시킨 후 heating

block을 사용하여 110°C 에서 24시간 동안 가수분해시켰다. 가수분해된 용액은 glass filter로 여과하고 진공증발기(EYELA, SB-1000)에서 HCl을 완전히 제거한 후, citrate buffer를 이용하여 25 mL로 정용하였다. 정용된 시료는 Biochrom 30 아미노산 자동분석기(Biochrom Ltd., Cambridge, UK)에 의하여 총 아미노산 함량을 분석하였다.

결과 및 고찰

일반성분 조성

삿갓조개류의 일반성분 조성은 수분 $72.2 \pm 0.4\%$, 단백질 $17.6 \pm 0.3\%$, 지질 $1.8 \pm 0.1\%$, 그리고 회분 $1.3 \pm 0.1\%$ 을 나타내었다. 이 결과는 전북 등 10여종의 국내 해산 복족류의 일반성분과 비교했을 때, 단백질(17.2%)과 회분(1.54%) 함량은 유사하나 지질(1.13%) 함량은 삿갓조개류에서 약간 더 많았다(Jeong et al., 1999). 또한 지금까지 국내산 삿갓조개류의 식품 영양성분에 대한 연구결과는 알려져 있지 않았으나, 지중해(그리스산 삿갓조개(*Patella coerulea*))에 비해 단백질(9.2%)이 국내산에서 약 7%나 많은 반면 지질(2.4%)과 회분(2.6%) 함량은 미량이지만 그리스산에서 더 높았다(Zlatanov et al., 2009). 일본산 삿갓조개류의 일반성분에 대한 연구결과도 잘 알려져 있지 않다. 다만 Kawashima et al. (2001)의 연구에 의하면 3종의 삿갓조개류(*Collisella dorsuosa*, *Cellana grata*, *Cellana toreuma*)의 지질함량이 근육부에서 0.2-1.1%, 내장부에서 1.9-9.6%를 나타내었다고 하였다. 본 연구에서의 분석시료는 근육과 내장을 분리하지 않고 전체 조직을 분석에 사용하였기 때문에 일본산의 경우와 직접 비교하지 못하였다. 하지만 본 연구에서처럼 전체 조직을 사용한 그리스산의 지질함량과는 큰 차이를 나타내지 않았다(Zlatanov et al., 2009).

지방산 및 DMA 조성

Table 1은 삿갓조개류의 총지방산과 dimethyl acetal (DMA) 조성을 나타내었다. 주요 지방산 조성은 16:0 (8.61%), 18:0 (5.46%) 등의 포화산(saturates)이 28.6%를, 18:1n-9 (8.99%), 20:1n-11 (4.00%) 등의 모노엔산(monoenes)이 21.7%를 차지하였다. 그리고 20:4n-6 (arachidonic acid, AA, 15.8%), 20:5n-3 (eicosapentaenoic acid, EPA, 14.0%), 22:2NMID (nonmethylene-interrupted diene, 4.71%) 등의 폴리엔산(polyenes)이 49.8%를 차지하여 폴리엔산의 조성비가 가장 높았고, 다음으로 포화산, 모노엔산의 순서였다. 그러나 일반적으로 수산식품에 많이 함유되어 있는 22:6n-3 (docosahexaenoic acid, DHA)는 검출되지 않았다. 이들 결과는 삿갓조개류와 같은 복족류에 속하고, 식성이 비슷한 국내산 참전복의 지방산 조성결과 유사한 경향을 나타내었다(Jeong et al., 1998). 그러나 그리스산의 경우와는 지방산 조성이 크게 달랐다(Zlatanov et al., 2009). 예를 들면 그리스산의 경우 16:0 (28.7%), 14:0 (9.4%), 18:0 (9.1%)

Table 1. Fatty acid composition of limpets *Cellana* spp.

Fatty acid	(wt %)	Fatty acid	(wt %)
14:0	0.59±0.03	20:1n-7	0.72±0.53
15:0	0.61±0.03	22:1n-11	0.44±0.13
16:0	8.61±0.10	∑Monoenes	21.65
17:0 iso	0.76±0.05		
17:0 anteiso	1.04±0.10	18:2n-6	0.74±0.01
17:0	1.25±0.09	18:3n-6	0.26±0.06
18:0DMA ¹	7.79±0.89	18:3n-4	0.67±0.07
18:0	5.46±0.25	18:3n-3	0.88±0.07
20:0DMA	2.45±0.08	20:2NMID ² (5,11)	0.53±0.29
∑Saturates	28.57	20:2NMID(5,13)	1.64±0.55
		20:2n-6	2.20±0.60
16:1n-9	1.45±0.11	20:3n-6	0.81±0.69
16:1n-7	0.68±0.26	20:4n-6	15.83±0.46
17:1n-7	0.43±0.16	20:3n-3	1.86±0.39
18:1n-11	2.44±0.25	20:5n-3	14.00±0.46
18:1n-9	8.99±0.56	22:2NMID(7,13)	4.71±0.42
18:1n-7	0.36±0.09	22:2NMID(7,15)	1.16±0.10
20:1n-11	4.00±0.35	21:5n-3	2.07±0.15
20:1n-9	2.15±0.24	22:4n-6	2.43±0.13
20:1n-7	0.72±0.53	∑Polyenes	49.78

¹DMA, dimethyl acetal. ²NMID, nonmethylene-interrupted diene.

등 포화산이 전체 지방산의 50.3%로 가장 높은 조성비를 나타내었고, AA (2.8%), EPA (1.2%) 등 폴리엔산의 조성비는 총 8.8%로 가장 낮은 조성비를 보였으며, 모노엔산은 총 22.0%로 중간 수준을 나타내었다. 이러한 지방산 조성에서의 차이는 서식처의 환경, 특히 먹이조성에서의 차이가 큰 영향을 미친 것으로 보인다. 한편 3종의 일본산 삿갓조개류의 지방산 조성은 종에 따른 차이는 거의 없었으나 부위, 즉 포화산은 내장(39.4-45.2%, 근육 29.1-33.2%)에서, 불포화산(모노엔산+폴리엔산)은 근육(66.8-70.9%, 내장 54.8-60.6%)에서 각각 더 높은 조성비를 나타내었다. 따라서 본 연구결과는 일본산 삿갓조개류의 부위 중 내장보다는 근육의 지방산 조성보다 더 유사한 경향을 나타내었다.

한편 본 연구에서 삿갓조개류의 지방산조성의 특징은 n-6 지방산인 AA (15.8%)와 n-3 지방산인 EPA (14.0%)의 조성비는 높았으나 DHA는 검출되지 않았다. 이러한 지방산 조성은 해조류 식성을 갖는 초식동물에서 볼 수 있는 전형적인 특징이다. 본 연구 결과와 가장 유사한 지방산조성을 갖는 해산무척추동물은 Jeong et al. (1998)이 보고한 35종 해산무척추동물 중에서 참전복(AA 12.2%, EPA 7.35%, DHA 0.0%)이 가장 근접하였다. 일반적으로 해양생물의 지방산조성은 그들의 먹이에 따라 영향을 많이 받는다고 알려져 있다(Kayama et al., 1963). 즉 전

Table 2. Mineral content of limpets *Cellana* spp.

Mineral	(mg/100 g)
K	96.3±2.2
Ca	192.4±14.5
Mg	87.1±0.8
Na	250.4±6.7
Fe	9.4±0.1
Cu	1.8±0.0
Zn	2.1±0.1
P	138.3±3.6
S	207.5±9.9

복이나 소라와 같은 초식성의 복족류는 AA와 EPA 또는 22:5n-3 (docosapentaenoic acid, DPA)의 조성비가 높고, DHA 조성비는 매우 낮다(Jeong et al., 1998). 실제로 전복이나 소라의 주요 먹이인 다시마나 미역 등 갈조류에는 다량의 AA와 EPA가 포함되어 있으나 DHA는 극히 소량만 함유되어 있다(Jeong et al., 1993; Daawczynski et al., 2007). 따라서 삿갓조개류의 특징적인 지방산조성으로 볼 때 삿갓조개류의 식성은 참전복처럼 해조류를 주로 섭취하는 것으로 보인다(Lu and Barber, 2012).

한편 삿갓조개류는 지방산 이외에 plasmalogen 유래의 DMA, 특히 18:0DMA (7.79%)와 20:0DMA (2.45%)가 상당량 검출되었다. DMA는 plasmalogen을 포함한 인지질(주로 phosphatidylethanolamine)을 메틸에스테르화하는 과정에서 에테르결합이 절단되어 비닐기가 dimethyl acetal을 형성하게 되고, 이때 생성된 지방산 메틸에스테르와 함께 GC에 의해 분석된다. 따라서 DMA 조성비로서 plasmalogen 함량을 추정할 수 있다. Plasmalogen의 생합성은 세포내 peroxisome (과산화소체)에서 시작되는데 이 단계에서 결함이 발생하면 여러 가지 질병에 걸리게 된다. 특히 알츠하이머형 치매환자는 대뇌피질과 해마에서 plasmalogen 함량이 크게 감소하는 것으로 알려져 있다(Weisser et al., 1997; Han et al., 2001). 한편 과산화소체에서 plasmalogen의 생합성 기능은 연령의 증가에 따라 감소하기 때문에 노인일 수록 plasmalogen이 풍부한 식품을 섭취하여 보충하는 것이 알츠하이머형 치매 예방에 효과적일 수 있다(Andre et al., 2005). 본 연구 결과에서 DMA 조성비(10.2%)가 비교적 높은 수준인 것으로 보아 상당량의 plasmalogen이 함유되어 있을 것으로 추정된다. 따라서 삿갓조개류의 DMA 조성비는 진주조개 패주(Saito, 2004; Moon et al., 2005)보다는 낮았으나 다슬기류(Moon et al., 2015)에 비해서는 약간 더 높았다. 이들 3종류의 패류 중 plasmalogen의 공급원으로서 진주조개의 패주가 가장 이상적으로 생각되나 진주조개의 생산이 제한적이기 때문에 실제 이용하기가 어렵다. 따라서 DMA 급원으로서 삿갓조개류가 진주조개나 다슬기류 보다 더욱 유용할 것으로 생각된다.

Table 3. Total amino acid content of limpets *Cellana* spp.

Amino acid	(mg/g)	(%)
Aspartic acid	13.98±0.73	9.03±0.21
Threonine	7.95±0.60	5.13±0.00
Serine	7.24±0.41	4.67±0.09
Glutamic acid	24.35±1.52	15.71±0.20
Proline	8.61±3.85	5.47±2.07
Glycine	10.64±0.41	6.89±0.79
Alanine	9.04±0.39	5.84±0.19
Cysteine	0.40±0.10	0.26±0.08
Valine	8.56±0.51	5.53±0.09
Methionine	4.65±0.26	3.00±0.06
Isoleucine	6.39±0.40	4.13±0.06
Leucine	11.77±0.75	7.59±0.09
Tyrosine	6.54±0.63	4.21±0.09
Phenylalanine	6.19±0.34	3.99±0.08
Histidine	3.90±0.24	2.52±0.03
Lysine	10.64±0.93	6.86±0.08
Arginine	14.20±0.65	9.17±0.27
Total	155.05	100.00

무기질 함량

Table 2은 삿갓조개류의 무기질 함량을 나타내었다. 주요 무기질은 Na, Ca, S, P, K, Mg, Fe 등으로 이들 7종이 전체의 99.4%를 차지하였다. 이들 결과는 굴(Lee et al., 2012)이나 다른 패류의 경우와 대체로 유사하였으나(NIFS, 2009), Ca과 Fe 함량이 다른 패류에 비하여 많은 편이었다. 특히 삿갓조개류의 Ca 함량(192 mg/100 g)은 전복(Li et al., 2013)보다는 약 130-160 mg이나 많았고, 굴(Lee et al., 2012)에 비해서는 약 30-120 mg/100 g이나 많았다. 또한 본 연구에서 Fe 함량(9.4 mg/100 g)도 전복의 근육(2.7-3.2 mg/100 g)보다 약 3배나 더 많았다. 본 연구에서 Ca과 Fe 함량이 많은 것은 삿갓조개류의 치설에서 유래한 것으로 보인다. 특히 Fe 성분은 삿갓조개류의 치설 성분인 침철석(goethite, α -FeOOH) 섬유를 구성하는 성분의 하나로서(Sone et al., 2005), 이 치설은 거미줄보다 더 강한 자연계에서 가장 강력한 물질로 알려져 있다(Barber et al., 2015).

총 아미노산 조성

삿갓조개류의 총 아미노산 조성은 Table 3과 같다. 주요 아미노산은 Glu, Arg, Asp, Leu, Gly, Lys 등이었다. 이들 결과는 그 리스산 삿갓조개(Zlatanov et al., 2009)는 물론 전복(Jang et al., 2010; Li et al., 2013), 굴(Lee et al., 2012) 등 다른 패류의 경우와 대체로 유사하였으나 함량에서는 상당한 차이를 나타내었다. 특히 Arg은 혈행개선을 위한 건강기능식품 원료로서(MFDS, 2017b), 본 연구에서 1,420 mg/100 g을 나타내

었다. 이 결과는 전복(Li et al., 2013)의 경우(근육 1,301-1,720 mg/100 g, 내장 1,094-1,445 mg/100 g)와는 유사하였으나, 굴(Lee et al., 2012)의 경우(535-836 mg/100 g)보다는 약 2배나 많았다. 따라서 삿갓조개류는 혈행개선을 위한 건강기능식품 원료로서 효과적인 수산식품의 하나로 주목된다.

References

- Ackman RG. 1986. WCOT (capillary) gas-liquid chromatography. In: Analysis of oils and fats. Hamilton RJ and Rossell JB, eds. Elsevier Applied Science Publishers Ltd., London and New York, U.K. and U.S.A., 137-206.
- Andre A, Juaneda P, Sebedio JL and Chatdigny. 2005. Effects of aging and dietary n-3 fatty acids on rat brain phospholipids: Focus on plasmalogens. *Lipids* 40, 799-806.
- AOCS. 1998. AOCS official method Ce 1b-89. In: Official Methods and Recommended Practice of the AOCS (5th ed). Firestone D, ed. AOCS, Champaign, U.S.A.
- Barber AH, Lu D and Pugno NM. 2015. Extreme strength observed in limpet teeth. *J R Soc Interface* 12: 20141326. <http://dx.doi.org/10.1098/rsif.2014.1326>.
- Bligh EG and Dyer WJ. 1959. A rapid method of lipid extraction and purification. *Can J Biochem Physiol* 37, 911-917.
- Dawczynski C, Schubert R and Jahreis G. 2007. Amino acids, fatty acids, and dietary fibre in edible seaweed products. *Food Chemistry* 103, 891-899. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.09.041>.
- Han X, Holtzman DM and McKeel DW. 2001. Plasmalogen deficiency in early alzheimer disease subjects and in animal models: Molecular characterization using electrospray ionization mass spectrometry. *J Neurochem* 77, 1168-1180.
- Hua NT and Ako H. 2014. Reproductive biology and effect of arachidonic acid level in broodstock diet on final maturation of Hawaiian limpet *Cellana sandwicensis*. *J Aquac Res Development* 5, 256. <http://dx.doi.org/10.4172/2155-9546.1000256>.
- Hua NT and Ako H. 2016. Dietary protein and carbohydrate requirement of juvenile Hawaiian limpet (*Cellana sandwicensis* Pease, 1861) fed practical diet. *Int Aquat Res* 8, 323-332.
- Jang MS, Jang JR, Park HY and Yoon HD. 2010. Overall composition, and levels of fatty acids, amino acids, and nucleotide-type compounds in wild abalone *Haliotis discus hannai*. *Korean J Food Preserv* 17, 533-540.
- Jeong BY, Cho DM, Moon SK and Pyeun JH. 1993. Quality factors and functional components in the edible seaweeds-1. Distribution of n-3 fatty acids in 10 species of seaweeds by their habitats. *J Korean Soc Food Nutr* 22, 621-628.
- Jeong BY, Choi BD, Moon SK, Lee JS and Jeong WG. 1998. Fatty acid composition of 35 species of marine invertebrates. *J Fish Sci Tech* 1, 232-241.
- Jeong BY, Choi BD, Moon SK, Lee JS Jeong WG and Kim PH. 1999. Proximate composition and sterol content of 35 species of marine invertebrates. *J Korean Fish Soc* 32, 192-197.

- Kawashima H, Ohnishi M and Uchyama H. 2001. Fatty acid compositions of muscle and viscera lipids in dominant limpets species from Otsuchi Bay in Northern Japan. *J Oleo Sci* 50, 607-611.
- Kawashima H, Ohnishi M and Uchyama H. 2002. Sexual differences in gonad fatty acid compositions in dominant limpets species from the Sanriku coast in Northern Japan. *J Oleo Sci* 51, 503-508.
- Kayama M, Tsuchiya Y and Mead F. 1963. A model experiment of aquatic food chain with special significance in fatty acid conversion. *Nippon Suisan Gakkaishi* 29, 452-458.
- Kwon OG, Park GM and Lee JS. 1993. *Coloured Shells of Korea*. Academy Publishing Company, Seoul, Korea, 226-232.
- Lee YM, Kee SJ, Kim SG, Hwang YS, Jeong BY and Oh KS. 2012. Food component characteristics of cultured and wild oysters *Crassostrea gigas* and *Ostrea denselamellos* in Korea. *Korean J Fish Aquati Sci* 45, 586-593.
- Li J, Kim BS and Kang SG. 2013. Analysis and comparison of general compositions, amino acids, fatty acids and collagen of abalone harvested in three different regions in Korea. *Korean J Food Preserv* 20, 441-450. <http://dx.doi.org/10.11002kjfp.2013.20.4.441>.
- Lu D and Barber AH. 2012. Optimized nanoscale composite behavior in limpet teeth. *J RSoc Interface* 9, 1318-1324. <http://dx.doi.org/10.1098/rsif.2011.0688>.
- MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). 2017a. Food standards and specifications. Retrieved from <http://www.food-safetykorea.go.kr/portal/safefoodlife/foodMaterial/foodMaterialDB.do> on Jul 21, 2017.
- MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). 2017b. Information of health functional food. Retrieved from <http://www.food-safetykorea.go.kr/portal/board/board.do> on Jul 22, 2017.
- Moon SK, Kang JY, Kim KD, Kim IS and Jeong BY. 2005. Lipid components of the cultured pearl oyster (*Pinctada fucata martensii*) in Korea. *J Fish Sci Technol* 8, 189-194.
- Moon SK, Kim IS, Lim CW, Yoon NY and Jeong BY. 2015. Proximate and fatty acid compositions of commercial domestic and imported melania snails *Semisulscospira* sp. *Korean J Fish Aquati Sci* 48, 977-981. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.20150977>.
- NIFS (National Institute of Fisheries Science). 2009. *Chemical Composition of Marine Products in Korea 2009*. Hanguel Graphic, Busan, Korea.
- Saito H. 2004. Lipid and FA composition of the pearl oyster *Pinctada fucata martensii*: Influence of season and maturation. *Lipids* 39, 997-1005.
- Sone ED, Weiner S and Addadi L. 2005. Morphology of goethite crystals in developing limpet teeth: Assessing biological control over mineral formation. *Cryst Growth Des* 5, 2131-2138.
- Weisser M, Vieth M, Stolte M, Riederer P, Pfeuffer R, Leblhuber, F and Spitteller G. 1997. Dramatic increase of alpha-hydroxyaldehydes derived from plasmalogens in the aged human brain. *Chem Phys Lipids* 90, 135-142.
- Zlatanov S, Laskaridis K and Sagredos A. 2009. Determination of proximate composition, fatty acid content and amino acid profile of five lesser-common sea organisms from the Mediterranean Sea. *International Journal of Food Science and Technology* 44, 1590-1594.