

## 양식산 및 자연산 굴(*Crassostrea gigas*, *Ostrea denselamellos*)의 성분 특성

이영만 · 이소정 · 김선근 · 황영숙<sup>1</sup> · 정보영<sup>2</sup> · 오광수\*

경상대학교 해양식품공학과/농업생명과학연구원, <sup>1</sup>통영조리직업전문학교, <sup>2</sup>경상대학교 식품영양학과

### Food Component Characteristics of Cultured and Wild Oysters *Crassostrea gigas* and *Ostrea denselamellos* in Korea

Yeong-Man Lee, So-Jeong Lee, Seon-Geun Kim, Young-Sook Hwang<sup>1</sup>,  
Bo-Young Jeong<sup>2</sup> and Kwang-Soo Oh\*

Department of Seafood Science and Technology/Institute of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University,  
Tongyeong 650-160, Korea

<sup>1</sup>Tongyeong Vocational Specialization School of Cooking, Tongyeong 650-804, Korea

<sup>2</sup>Department of Food and Nutrition, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

To identify the food component characteristics of seven oysters(four cultured oysters and two wild oysters *Crassostrea gigas* and one dendely lamellated oyster *Ostrea denselamellos* Korean name *beotgul*) in Korea, the proximate, fatty/amino acid, mineral compositions, texture, color, chemical and taste compounds were investigated. The proximate compositions were not significantly different between cultured and wild oysters, whereas *beotgul* had lower levels of crude protein, ash and lipid content, and a higher carbohydrate content. The amino nitrogen contents of the three main types were 232.8-258.2, 160.5-213.9, and 218.5 mg/100 g, respectively, and the salinities were 1.5-1.7, 1.5-1.8, and 0.9%, respectively. Regarding the muscle texture, the shearing forces were 95-114, 105-132, and 170 g, respectively. Amounts of total amino acids of cultured, wild oysters and *beotgul* were 9,004-10,198, 8,165-8,942, and 7,767 mg/100 g, respectively. The major amino acids were aspartic acid (Asx), glutamic acid (Glx), proline, alanine, leucine, phenylalanine, lysine and arginine. Regarding inorganic ions, *beotgul* had much lower Fe and S contents than the cultured and wild oysters. The major fatty acids of cultured and wild oysters were 16:0, 18:0, 16:1n-9, 18:1n-9, 22:1n-9, 16:4n-3, 20:5n-3, and 22:6n-3, and there was little difference between the two. *Beotgul* had a higher polyenes ratio, *i.e.*, 20:5n-3, and a lower monoenes ratio than the cultured and wild oysters. The free amino acid contents of cultured, wild oysters and *beotgul* extracts were 1,444-1,620, 1,017-1,277, and 1,144 mg/100 g, respectively, and the major free amino acids were taurine, glutamic acid, glycine, alanine, tryptophan, ornithine, and lysine. There was a little difference in the glycine, tryptophan, ornithine, and arginine contents.

Key words: Oyster, Cultured and wild, Dendely lamellated oyster, Food component

## 서론

굴은 연체동물 부족류 빈치목 굴과에 속하는 패류로서 세계적으로 약 100 여종이 알려져 있으며, 우리나라 연안에는 참굴(*Crassostrea gigas*)을 위시하여 바위굴, 갯굴, 토굴, 벗굴 및 털굴 등이 서식하고 있다. 우리나라에서 굴은 1897년 원산만에

서 처음 양식되었으며, 1960년 이후부터 경남지역을 중심으로 연승수하식 방법이 널리 보급되면서 생산량이 증가하여 현재 국내 양식산 굴의 연간 생산량은 각부 굴 기준으로 30만톤 내외에 이르고 있다(<http://www.fips.go.kr>). 굴 양식은 남해안의 수하식과 서해안 갯벌에 넓적한 돌을 적당한 간격으로 던져 놓는 투석식, 그리고 근래 프랑스에서 도입한 그물망에 종패를

### Article history;

Received 4 October 2012; Revised 6 November 2012; Accepted 21 November 2012

\*Corresponding author: Tel: +82. 55. 772. 9144 Fax: +82. 55. 772. 9149

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

Kor J Fish Aquat Sci 45(6) 586-593, December 2012

<http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2012.0586>

pISSN:0374-8111, eISSN:2287-8815

© The Korean Society of Fishereis and Aquatic Science. All rights reserved

넣고 평상 위에 올려놓아 키우는 수평망식이 있다. 이중 수하식 양식산 굴의 경우는 24시간 영양분을 섭취하기 때문에 빨리 성장하는데 비하여 바위에 붙어 서식하는 자연산 굴(일명 어리굴)은 조소간만으로 인해 공기 중에 노출되는 동안은 영양분을 섭취할 수 없어 성장이 느리다. 또한, 자연산 굴은 만일의 사태에 대비해서 체내에 여러 영양분을 축적하여 두므로 양식산과 천연산 양자 간에는 영양성분과 육질의 차이가 생길 것으로 추정된다(KORDI, 2004). 한편, 일반적으로 수하식 양식산 참굴보다는 조간대의 갯벌에서 나는 자연산 참굴류나 투석식, 수평망에 넣어 양식한 굴이 품미 면에서 더 좋다고 알려져 있다. 한편, 벗굴(*Ostrea denselamellos*)은 사세목 굴과의 연체동물로서, 수심 10-20 m 내외의 염분 농도가 10-25% 정도인 기수역 모랫바닥에 있는 바위에 붙어 서식한다. 벗굴이 가장 맛있을 때는 3-4월로서 일반 참굴에 비해 크기가 10배 이상 크며, 맛이 진하고 굴 향이 부드럽다고 알려진 섬진강 지역특산 수산물이다. 이러한 굴의 식품학적 성분특성에 관하여 국내외에서 다양한 연구가 수행되어 왔으며(Okuzumi et al., 1979; Murata and Sakaguchi, 1986; Jeong et al., 1991; Lee, 1995; Kang et al., 2010), 이들 연구 결과는 굴과 굴 가공품의 영양학적 가치와 품질특성의 구명, 그리고 수산가공용 주요 소재로서 활용하기 위한 자료로 활용되고 있으나, 아직까지 국내 각 해역에서 서식하고 있는 양식산 및 자연산 참굴류, 그리고 천연산 바위굴의 영양 및 품미성분 특성을 비교 분석한 연구는 보고된 바 없다. 본 연구에서는 봉지굴, 냉동굴, 통조림, 건굴 및 굴젓 등의 가공원료로 사용되는 국내산 굴의 가치증진 및 효율적인 활용을 위한 식품학적 자료를 얻기 위해 국내 주요 산지별로 양식산 및 자연산 굴을 구입한 후 이들의 성분조성 특성을 분석 비교하였다.

## 재료 및 방법

### 재 료

실험에서 사용한 양식산 참굴(*Crassostrea gigas*)은 국내 주요 산지 별로 최성기인 11월말에 통영만, 고성만, 여수만 및 사천만 등지에서 수하식 및 반수하식으로 양식한 것을 살아있는 상태로, 그리고 자연산 참굴류(*Crassostrea gigas*)의 경우 고흥과 서천 해안가 조간대에 서식하는 것을 살아있는 상태로 각각 구입하여 -20℃ 동결고에 저장하여 두고 실험에 사용하였다. 한편, 기수역(汽水域)에서 서식하는 하동 섬진강산 벗굴(바위굴, *Dendely lamellated oyster*, *Ostrea denselamellos*)은 최성기인 이듬해 4월말에 구입하여 -20℃ 동결고에 저장하여 두고 실험에 사용하였다. 실험에 사용한 양식산 굴 4종과 자연산 굴 3종의 서식 산지, 구입 시기 및 탈각 굴의 체장과 체중은 Table 1과 같다.

### 일반성분

일반성분의 조성은 상법(KSFSN, 2000-a)에 따라 수분 함량은 상압가열건조법, 조단백질 함량은 semi-micro Kjeldahl법, 조지방 함량은 Soxhlet법, 조회분 함량은 건식회화법으로 측정하였다.

### pH, 염도, 휘발성염기질소 및 아미노질소

pH는 시료를 균질화한 다음 pH meter(Accumet Basic, Fisher Sci. Co., USA)로써 측정하였고, 염도(salinity)는 염도계(460CP, Istek Co., Korea)로 측정하였다. 휘발성염기질소(volatile basic nitrogen, VBN)는 Conway unit를 사용하는 미량확산법(KSFSN, 2000-b)으로, 아미노질소 함량은 Formol 적정법(Ohara, 1982-a)으로 측정하였다.

### 색조 및 절단력

색조는 직시색차계(ZE-2000, Nippon Denshoku Ltd., Japan)를 사용하여 시료 굴의 보통육 표면에 대한 L값(명도), a값(적색도), b값(황색도) 및 ΔE값(색차)을 측정하였다. 이 때 표준백판(standard plate)의 L, a 및 b값은 각각 99.98, 0.01 및 0.01이었다. 절단력의 측정은 No. 8 절단용 knife adaptor를 사용하는 레오메터(CR-100D, Sun Scientific Co., Japan)로써 시료 굴의 중심부를 절단하는데 필요한 하중(g)으로 나타내었다.

### 지방산

Bligh and Dyer(1959)의 방법에 따라 시료의 총지질을 추출하고, AOCS Official Method (AOCS, 1990)에 따라 검화 및 methylester화시킨 다음, iso-octane을 가해 지방산을 분리 후 capillary column (Supelcowax-320, Supelco Japan Ltd., Japan)이 장착된 GC (GC-17A, Shimadzu Co., Japan)로써 분석하였다. 이 때 GC의 분석조건은 전보(Kim et al., 1994)와 같고, 각 구성 지방산의 동정은 표준품과의 머무름시간 비교 및 equivalent chain length법에 의해 동정하였다(Ackman, 1989).

### 총아미노산

총아미노산의 함량은 시료와 6.0N HCl 용액을 혼합하여 heating block (HF 100, Yamato Co., Japan)으로 24시간 분해시킨 후 감압건고하고, 0.20 M sodium citrate buffer (pH 2.20)로 정용한 후 아미노산 자동분석기(Biochrom 30, Biochrom. LTD, England)로써 측정하였다.

### 무기질

무기질은 시료를 습식분해(Ohara, 1982-b)시킨 후 ashless filter paper (Toyo 5B, Toyo Co., Japan)로 여과하여 일정량으로 정용한 다음, ICP (Atomscan 25, TJA Co., USA)로써 Na, K, Mg, Ca, Zn, Fe, S, P, Cu, Se 등의 무기이온성분과 Cd, Pb 등의 유해 중금속 함량을 분석하였다(Yoo et al., 1984).

## 엑스분 추출 및 정미성분

시료에 3배량의 70% ethanol 용액을 가하여 균질기(Ultra Turrax T25, IKA, Janke & Kunkel GmbH & Co., Germany) 로써 균질화한 후 17,000×g 에서 15분간 원심분리하였다. 이 상층액과 이 조작을 2회 더 반복하여 얻은 상층액을 모아 감압 농축한 후 증류수로써 일정량으로 정용하였고, 여기에 제단백을 위해 5'-sulfosalicylic acid를 10% 정도 첨가하여 하룻밤 방치 후 여과하여 정미성분의 분석용 엑스분으로 사용하였다. 유리아미노산 및 관련화합물은 시료 엑스분을 일정량 취해 감압 건조한 다음, 0.20 M lithium citrate buffer (pH 2.20)로써 정용한 후 아미노산 자동분석계(Biochrom 30, Biochrom. LTD, England)로써 분석하였고, 트리메틸아민옥사이드(TMAO) 및 트리메틸아민(TMA) 함량은 Hashimoto and Okaichi (1957)의 방법에 따라 측정하였다.

## 결과 및 고찰

### 원료 굴

실험에 사용한 양식산 굴 4종과 자연산 굴 3종의 산지, 구입 시기 및 탈각 굴의 체장과 체중은 Table 1과 같다. 탈각한 양식산 참굴의 크기는 길이 4.7-5.1 cm, 무게 5.9-9.1 g 으로 자연산 참굴류의 3.0-4.2 cm 및 2.6-5.5 g에 비해 크기가 대체로 컸으며, 지역별로 약간의 크기 차이를 보였다. 한편, 기수역인 섬진강산 벗굴은 길이 14.9-20.1 cm, 무게 81.9-96.9 g 으로 양식산 및 자연산 굴에 비해 길이 4.1-5.8배, 무게는 3.4-9.8배 큰 것으로 확인되었다.

### 일반성분

국내 산지별 양식산 및 자연산 굴의 일반성분 조성을 Table 2에 나타내었다. 양식산 및 자연산 참굴류의 수분 함량은 76.7-82.2%, 조단백질 함량은 8.1-10.5%, 조회분은 1.0-2.0%, 그리고 조지방 함량은 0.3-0.9%로서 양식산과 자연산 사이에서 일반성분 조성 차이는 거의 없었다. 한편, 벗굴은 양식산과 자연산 참굴류에 비해 수분 함량은 서로 비슷하고 조단백질, 조회

분 및 조지방의 함량이 약간 적은 것으로 확인되었으며, 대신 글리코젠을 위주로 하는 탄수화물의 함량이 다소 많았다. 따라서 양식산 및 자연산 참굴류는 산지 및 서식환경에 따른 일반성분 조성의 차이가 거의 없었으나, 참굴류와 벗굴 사이에는 종에 따른 함량 차이가 있음을 알 수 있었다.

### 색조와 절단력

국내 산지별 양식산 및 자연산 굴의 육 표면 색조와 조직감인 절단력을 측정된 결과를 Table 3에 나타내었다. 양식산과 자연산 참굴의 경우 산지에 따른 명도(L값), 황색도(b값) 및 색차( $\Delta E$ 값)의 차이는 거의 없었으나, 적색도(a값, +:적색, -:녹색)의 경우 자연산이 양식산에 비해 - 값이 높아 육색이 약간 녹색화되어 있었다. 이는 굴의 먹이가 되는 플랑크톤의 차이에 기인한 것으로 생각된다. 한편, 벗굴은 명도, 적색도 및 색차 값의 차이로 보아 참굴류에 비해 육색이 다소 어둡고 진한 반면, 황색도는 약간 낮음을 알 수 있었다.

양식산 및 자연산 굴의 절단력을 측정된 결과, 양식산은 105.3-132.7 g, 자연산은 95.7-114.1 g 으로 대체로 양식산 굴의 절단력이 약간 높았으나 산지에 따른 뚜렷한 차이 및 일정한 경향은 없었다. 한편, 벗굴의 절단력은 170.1 g 으로 양식산과 천연산 참굴에 비해 훨씬 육 조직이 강한 것으로 나타나 콜라겐 등 육 구성 단백질 조성이 다소 다른 것으로 추정되었다 (Cho, 2009).

### pH, 염도, 휘발성염기질소 및 아미노질소 함량

국내 산지별 양식산 및 자연산 굴의 pH, 염도, 휘발성염기질소 및 아미노질소 함량을 측정된 결과를 Table 4에 나타내었다. 양식산 및 자연산 참굴류와 벗굴의 pH는 6.0-6.4로서 산지 및 품종에 따른 차이는 거의 없었다. 염도는 양식산 및 자연산 참굴류가 1.5-1.8%로써 양자 간에 차이는 거의 없었으나, 기수역에 서식하는 벗굴의 경우 0.9%로서 양식산 및 자연산 참굴에 비해 훨씬 낮아 수중 염도가 굴의 염도에 미치는 영향을 알 수 있었다. 한편, 어패취의 강도를 간접적으로 알 수 있는 휘발성염기질소(VBN)의 함량은 양식산 참굴이 9.5-12.0

Table 1. Produced sea-area, length and weight of cultured and wild oysters in Korea

| Sample code | Korean name           | Produced sea-area | Purchase period | Shelled flesh |            |          |
|-------------|-----------------------|-------------------|-----------------|---------------|------------|----------|
|             |                       |                   |                 | Length (cm)   | Weight (g) |          |
| C1          | Hanging cultured      | <i>Chamgul</i>    | Goseong Bay     | Nov. 20       | 5.1±0.7    | 8.1±0.6  |
| C2          | Semi-hanging cultured | <i>Chamgul</i>    | Sacheon Bay     | Nov. 24       | 4.7±2.2    | 5.9±1.2  |
| C3          | Hanging cultured      | <i>Chamgul</i>    | Tongyeong Bay   | Nov. 20       | 4.9±0.5    | 7.3±1.7  |
| C4          | Hanging cultured      | <i>Chamgul</i>    | Yeosu Bay       | Nov. 20       | 5.1±1.6    | 9.1±1.3  |
| W1          | Wild                  | <i>Chamgul</i>    | Goheung         | Nov. 19       | 3.0±0.3    | 2.6±0.7  |
| W2          | Wild                  | <i>Chamgul</i>    | Seocheon        | Nov. 22       | 5.2±0.9    | 6.6±1.2  |
| W3          | Wild                  | <i>Beotgul</i>    | Seomjin River   | Apr. 10       | 17.5±2.6   | 89.4±7.5 |

Table 2. Proximate composition of cultured and wild oysters in Korea

| Sample <sup>1</sup> | (g/100 g) |               |         |             |
|---------------------|-----------|---------------|---------|-------------|
|                     | Moisture  | Crude protein | Ash     | Crude lipid |
| C1                  | 77.7±0.1  | 10.5±0.2      | 1.8±0.1 | 0.6±0.0     |
| C2                  | 79.9±0.1  | 9.0±0.1       | 1.9±0.0 | 0.3±0.1     |
| C3                  | 80.6±0.1  | 9.9±0.2       | 1.8±0.1 | 0.7±0.1     |
| C4                  | 76.7±0.2  | 10.5±0.3      | 2.0±0.1 | 0.7±0.3     |
| W1                  | 82.2±0.4  | 9.6±0.0       | 1.7±0.1 | 0.5±0.1     |
| W2                  | 79.9±0.4  | 9.9±0.0       | 1.9±0.0 | 0.9±0.2     |
| W3                  | 80.7±0.2  | 8.1±0.4       | 1.0±0.1 | 0.3±0.1     |

<sup>1</sup>Refer to the comment in Table 1.  
All data are mean of triplicate.

Table 3. Surface color values and shearing force in ordinary muscle of cultured and wild oysters in Korea

| Sample <sup>1</sup> | Color    |          |          |          | Shearing force (g) |
|---------------------|----------|----------|----------|----------|--------------------|
|                     | L        | a        | b        | ΔE       |                    |
| C1                  | 62.9±0.2 | -1.5±0.4 | 13.6±0.2 | 36.5±0.2 | 113.1±6.6          |
| C2                  | 56.0±0.6 | -0.7±0.3 | 12.8±0.4 | 40.7±0.5 | 132.7±16.9         |
| C3                  | 59.9±0.3 | -0.9±0.2 | 12.0±0.2 | 38.1±0.4 | 109.8±10.2         |
| C4                  | 64.4±0.2 | -0.8±0.3 | 13.7±0.1 | 35.1±0.5 | 105.3±14.4         |
| W1                  | 61.5±0.5 | -2.8±0.2 | 13.4±0.1 | 37.9±0.2 | 114.1±18.1         |
| W2                  | 67.5±0.5 | -1.2±0.4 | 13.1±0.2 | 31.9±0.2 | 95.7±7.1           |
| W3                  | 50.4±0.3 | -0.6±0.1 | 9.2±0.3  | 47.2±0.3 | 170.1±7.8          |

<sup>1</sup>Refer to the comment in Table 1.  
All data are mean of triplicate.

Table 4. pH, salinity, volatile basic nitrogen (VBN) and NH<sub>2</sub>-N content of cultured and wild oysters in Korea

| Sample <sup>1</sup> | pH      | Salinity (%) | VBN (mg/100 g) | NH <sub>2</sub> -N (mg/100 g) |
|---------------------|---------|--------------|----------------|-------------------------------|
| C1                  | 6.2±0.0 | 1.5±0.0      | 12.0±1.3       | 255.7±1.3                     |
| C2                  | 6.2±0.1 | 1.7±0.1      | 9.5±0.6        | 232.8±1.3                     |
| C3                  | 6.1±0.0 | 1.6±0.0      | 10.5±0.0       | 258.2±1.3                     |
| C4                  | 6.1±0.0 | 1.7±0.0      | 10.7±0.0       | 249.2±1.3                     |
| W1                  | 6.4±0.0 | 1.5±0.0      | 7.8±0.0        | 160.5±1.3                     |
| W2                  | 6.0±0.0 | 1.8±0.0      | 9.5±0.1        | 213.9±1.3                     |
| W3                  | 6.4±0.1 | 0.9±0.1      | 4.2±0.6        | 218.5±1.3                     |

<sup>1</sup>Refer to the comment in Table 1.  
All data are mean of triplicate.

mg/100 g 으로 자연산 참굴류의 7.8-9.5 mg/100 g 보다 다소 높아 어패취가 약간 강함을 알 수 있었고, 빛굴의 경우는 이보다 훨씬 낮은 4.2 mg/100 g 으로 거의 굴 향이 없을 것으로 보

Table 5. Fatty acid composition of total lipid separated from cultured and wild oysters in Korea

| Fatty acid | (area %)            |      |      |      |      |      |      |
|------------|---------------------|------|------|------|------|------|------|
|            | Sample <sup>1</sup> |      |      |      |      |      |      |
|            | C1                  | C2   | C3   | C4   | W1   | W2   | W3   |
| 14:0       | 4.1                 | 3.3  | 3.6  | 4.0  | 2.8  | 3.7  | 3.6  |
| 15:0       | 0.2                 | 0.2  | 0.1  | 0.1  | 0.1  | 0.1  | 0.6  |
| iso16:0    | 0.5                 | 0.6  | 0.4  | 0.6  | 0.6  | 0.6  | 0.3  |
| 16:0       | 15.9                | 16.8 | 15.1 | 17.0 | 16.0 | 17.5 | 16.8 |
| 17:0       | 0.9                 | 1.1  | 1.3  | 1.4  | 1.4  | 1.3  | 0.9  |
| 18:0       | 3.6                 | 3.7  | 4.6  | 4.0  | 4.0  | 3.5  | 4.0  |
| 20:0       | 0.9                 | 1.1  | 0.9  | 0.8  | 1.8  | 0.8  | 0.7  |
| 22:0       | 0.2                 | 0.2  | 0.1  | 0.2  | 0.2  | 0.2  | 0.1  |
| Saturates  | 26.3                | 27.0 | 26.1 | 28.1 | 26.9 | 27.7 | 27.0 |
| 16:1n-9    | 5.0                 | 5.0  | 4.1  | 4.2  | 3.7  | 4.6  | 3.9  |
| 17:1n-7    | 0.4                 | 0.6  | 0.6  | 0.6  | 1.0  | 0.7  | 0.1  |
| 18:1n-9    | 9.9                 | 7.1  | 9.8  | 8.9  | 9.1  | 8.1  | 8.1  |
| 20:1n-9    | 2.6                 | 2.7  | 2.7  | 2.9  | 2.9  | 2.7  | 2.2  |
| 20:1n-7    | 3.0                 | 3.8  | 3.5  | 3.3  | 5.1  | 3.5  | 4.0  |
| 22:1n-11   | 0.2                 | 0.2  | 0.2  | 0.2  | 0.4  | 0.2  | 0.2  |
| 22:1n-9    | 3.9                 | 4.8  | 3.9  | 3.2  | 5.6  | 4.2  | 3.5  |
| Monoenes   | 25.0                | 24.2 | 24.8 | 23.3 | 27.8 | 24.0 | 22.0 |
| 16:4n-3    | 4.5                 | 6.0  | 6.1  | 5.3  | 7.6  | 5.3  | 4.1  |
| 18:2n-6    | 1.3                 | 1.5  | 1.1  | 1.7  | 1.4  | 1.1  | 0.8  |
| 18:3n-3    | 0.8                 | 1.2  | 0.9  | 1.8  | 1.3  | 0.5  | 1.3  |
| 18:4n-3    | 1.2                 | 2.0  | 1.4  | 1.9  | 2.6  | 2.1  | 5.0  |
| 20:2n-9    | 1.0                 | 0.9  | 1.0  | 1.1  | 0.2  | 1.3  | 0.5  |
| 20:2n-6    | 0.1                 | 0.2  | 0.1  | 0.2  | 0.1  | 0.1  | 0.1  |
| 20:3n-6    | 0.2                 | 0.2  | 0.2  | 0.2  | 0.2  | 0.2  | 0.1  |
| 20:3n-3    | 0.4                 | 0.5  | 0.3  | 0.5  | 0.4  | 0.3  | 0.2  |
| 20:4n-6    | 3.6                 | 3.1  | 3.2  | 2.5  | 2.5  | 3.4  | 2.2  |
| 20:5n-3    | 23.4                | 18.9 | 22.4 | 19.1 | 14.7 | 19.7 | 22.6 |
| 22:4n-3    | 1.3                 | 1.2  | 1.1  | 1.1  | 0.9  | 1.0  | 0.7  |
| 22:5n-6    | 0.5                 | 0.6  | 0.3  | 0.6  | 0.8  | 0.5  | 0.9  |
| 22:5n-3    | 1.8                 | 1.3  | 1.2  | 1.1  | 1.0  | 1.2  | 2.0  |
| 22:6n-3    | 8.6                 | 11.2 | 9.8  | 11.5 | 11.6 | 11.6 | 10.5 |
| Polyenes   | 48.7                | 48.8 | 49.1 | 48.6 | 45.3 | 48.3 | 51.0 |

<sup>1</sup>Refer to the comment in Table 1.

인다(Oda et al., 1981a).

어패류의 맛에 관여하는 유리아미노산의 함량을 간접적으로 알 수 있는 아미노질소 함량의 경우 역시 양식산 참굴이 232.8-258.2 mg/100 g 으로 함량이 가장 많았으며, 이중 사천만의 반수하식 양식산 굴의 함량이 가장 적었다. 자연산 참굴류는 160.6-213.9 mg/100 g 으로 양식산에 비해 훨씬 적게 함유되

Table 6. Total amino acid content of cultured and wild oysters in Korea

| Amino acid | Sample <sup>1</sup> |         |         |          |         |         |         |
|------------|---------------------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|
|            | C1                  | C2      | C3      | C4       | W1      | W2      | W3      |
| Asx        | 884.2               | 891.5   | 928.4   | 945.7    | 818.7   | 727.3   | 631.6   |
| Thr        | 443.9               | 431.1   | 463.1   | 551.6    | 444.3   | 406.6   | 400.8   |
| Ser        | 411.5               | 421.3   | 453.0   | 558.4    | 463.6   | 360.5   | 372.2   |
| Glx        | 909.1               | 855.9   | 949.3   | 914.9    | 871.7   | 849.8   | 904.0   |
| Pro        | 819.9               | 469.2   | 630.3   | 594.9    | 466.7   | 585.3   | 516.3   |
| Gly        | 519.2               | 520.2   | 556.6   | 625.9    | 567.7   | 448.4   | 597.3   |
| Ala        | 808.9               | 704.9   | 717.2   | 852.1    | 535.4   | 630.5   | 457.7   |
| Cys        | 69.0                | 142.8   | 60.0    | 101.0    | 39.0    | 63.8    | 91.3    |
| Val        | 379.6               | 382.5   | 423.5   | 560.6    | 590.6   | 336.8   | 440.5   |
| Met        | 328.4               | 112.2   | 150.7   | 371.8    | 156.2   | 112.3   | 175.5   |
| Ile        | 367.7               | 237.2   | 344.6   | 410.3    | 361.9   | 296.3   | 288.4   |
| Leu        | 683.6               | 655.9   | 742.5   | 859.3    | 862.7   | 572.0   | 534.3   |
| Tyr        | 296.3               | 249.9   | 211.2   | 245.4    | 232.4   | 199.0   | 150.4   |
| Phe        | 1,120.0             | 1,134.2 | 1,002.1 | 882.5    | 840.4   | 931.8   | 651.0   |
| His        | 311.8               | 270.3   | 277.0   | 278.3    | 211.3   | 265.1   | 283.1   |
| Lys        | 786.6               | 688.5   | 800.8   | 744.9    | 701.5   | 689.2   | 738.3   |
| Arg        | 810.4               | 836.4   | 653.4   | 700.9    | 778.4   | 691.0   | 535.2   |
| Total      | 9,950.1             | 9,004.0 | 9,363.7 | 10,198.5 | 8,942.5 | 8,165.7 | 7,767.9 |

<sup>1</sup>Refer to the comment in Table 1.

어 있었고, 산지별 차이도 컸다. 벗굴의 아미노질소 함량 역시 218.5 mg/100 g 으로 양식산 참굴에 비해 10% 이상 적게 함유되어 있었다. 이상의 휘발성염기질소 및 아미노질소 함량에 미루어 볼 때 관능적으로는 정확히 판단하기 어려우나, 양식산 참굴이 자연산 참굴류나 벗굴에 비해 굴 향이나 맛의 강도가 다소 강함을 알 수 있었다.

### 지방산

국내 산지별 양식산 및 자연산 굴에서 추출한 총지질의 구성지방산을 분석한 결과를 Table 5에 나타내었다. 양식산 참굴의 주요 구성지방산은 16:0 (15.1-17.0%), 18:0 (3.6-4.6%), 16:1n-9 (4.1-5.0%), 18:1n-9 (7.1-9.9%), 22:1n-9 (3.2-4.8%), 16:4n-3 (4.5-6.1%), 20:5n-3 (17.1- 23.4%), 22:6n-3 (8.6-11.5%) 등으로 산지에 따라 약간의 차이를 보였으나, 뚜렷한 조성의 차이는 없었다. 20:5n-3의 조성이 월등히 높은 점이 특징적이었으며, n-3계 고도불포화지방산을 위주로 한 polyenes의 조성비는 48.6-48.8% 로서 서로 비슷하였다. 자연산 참굴의 주요 구성지방산은 16:0 (16.0-17.5%), 18:0 (3.5-4.0%), 16:1n-9 (3.7-4.6%), 18:1n-9 (8.1-9.1%), 22:1n-9 (3.5-5.1%),

16:4n-3 (5.3-7.6%), 20:5n-3 (14.7-19.7%), 22:6n-3 (11.5-11.6%) 등으로 전체적인 조성면에서 양식산 참굴류와 비슷하였다. 한편, 기수역에서 서식하는 벗굴 역시 16:0, 18:0, 16:1n-9, 18:1n-9, 22:1n-9, 16:4n-3, 20:5n-3, 22:6n-3 등이 주요 구성지방산으로 18:4n-3과 20:5n-3의 조성비가 양식산 및 자연산 참굴류에 비해 높은 점이 특징적이었다. 수산물 중의 고도불포화지방산은 영양학적 기능특성 뿐만 아니라, 가공시 일부가 산화분해되어 다른 유리아미노산과 반응하여 냄새에 영향을 미치는 heterocyclic compounds를 생성하는 것으로 알려져 있으나(Ho et al., 1989), 굴의 경우 조지방 함량이 0.5% 내외에 불과하므로 생굴의 풍미에 미치는 영향은 미약할 것으로 보인다.

### 총아미노산

국내 산지별 양식산 및 자연산 굴의 총아미노산 함량을 분석한 결과를 Table 6에 나타내었다. 양식산 및 자연산 참굴류의 총아미노산의 총함량은 각각 9,004.0-10,198.5 및 8,165.7-8,942.5 mg/100 g 으로 조단백질의 경우와 유사한 경향을 나타내었고, 산지에 따른 차이는 보이지 않았다. 주요 아미노산으로는 양식산 및 자연산 모두 aspartic acid (Asx), glutamic acid (Glx), proline, alanine, leucine, phenylalanine, lysine 및 arginine의 함량이 많았고, 그 외 다른 아미노산들도 고루 함유되어 있었다. 산지에 따라 각 아미노산의 함량은 다소 차이를 보였지만 총함량에 대한 조성 비율은 대체로 비슷하였다. 이러한 굴의 총아미노산들은 가공시 열수추출이나 효소에 의해 가수분해되어 저분자화될 경우 굴소스와 같은 풍미계 조미가공품의 정미발현에 큰 영향을 미친다. 한편, 벗굴의 총아미노산 함량은 7,767.9 mg/100 g 으로 양식산 참굴에 비해 상당히 적었으며, 각 주요 구성 아미노산 역시 양식산 참굴에 비해 대부분 적게 함유되어 있었다.

### 무기질

국내 산지별 양식산 및 자연산 굴의 무기이온 및 유해중금속 함량을 분석한 결과를 Table 7에 나타내었다. 양식산 참굴의 주요 무기이온은 K (219.6-266.6 mg/100 g), Na (403.9-456.7 mg/100 g), Ca (118.9-163.0 mg/100 g), Fe (73.5-139.4 mg/100 g), S (171.0-182.8 mg/100 g), P (112.5- 131.4 mg/100 g) 등으로 산지에 따라 약간의 차이를 보였으나, 무기질 총량에 대한 조성비는 대체로 비슷하였다. 최근 기능성 성분으로 주목을 받고 있는 Zn의 함량은 62.7-72.4 mg/100 g 으로 산지에 따른 차이는 거의 없었다. 자연산 바위굴의 주요 무기이온 역시 K (176.7-192.8 mg/100 g), Na (354.5-401.6 mg/100 g), Ca (70.7-94.8 mg/100 g), Fe (82.4-120.2 mg/100 g), S (108.2-158.6 mg/100 g), P (115.2-115.9 mg/100 g) 등으로 양식산에 비하여 K, Ca 및 S의 함량이 다소 적었고, 산지별 차이도 큰 것으로 나타났다. 벗굴의 무기이온은 K, Na, Ca, Zn 및 P 등으로 양식산 및 천연산 참굴류에 비하여 대부분의 무기

Table 7. Inorganic ion content of cultured and wild oysters in Korea

(mg/100 g)

| Inorganic ion | Sample <sup>1</sup> |            |           |           |           |           |           |
|---------------|---------------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|               | C1                  | C2         | C3        | C4        | W1        | W2        | W3        |
| K             | 266.6±3.5           | 253.2±16.4 | 219.6±6.3 | 227.0±4.4 | 192.8±6.3 | 176.7±3.0 | 147.1±2.9 |
| Na            | 403.9±4.2           | 456.7±28.1 | 424.6±8.9 | 422.6±8.7 | 354.5±7.6 | 401.6±8.7 | 151.2±1.2 |
| Ca            | 127.3±1.6           | 139.0±10.7 | 163.0±4.9 | 118.9±2.3 | 94.8±4.1  | 70.7±1.6  | 122.3±0.6 |
| Mg            | 64.8±0.7            | 71.1±4.6   | 58.7±1.4  | 62.7±1.2  | 42.4±1.5  | 60.8±1.2  | 22.4±0.2  |
| Zn            | 62.7±0.2            | 72.4±0.6   | 68.1±0.1  | 63.6±0.3  | 79.7±0.3  | 79.6±0.3  | 59.1±0.2  |
| Fe            | 110.1±1.5           | 139.4±10.5 | 79.6±2.5  | 73.5±1.9  | 82.4±3.5  | 120.2±2.9 | 17.1±0.2  |
| Cu            | 0.3±0.1             | 0.5±0.1    | 0.1±0.0   | 0.8±0.1   | 3.3±0.1   | 0.1±0.0   | tr        |
| Se            | 9.9±0.5             | 5.9±0.5    | 7.7±0.7   | 9.0±1.0   | 8.3±0.9   | 6.2±1.0   | 2.1±0.2   |
| S             | 182.8±7.0           | 171.0±1.1  | 171.5±4.4 | 177.0±8.2 | 108.2±3.0 | 158.6±4.8 | 10.7±1.0  |
| P             | 131.4±2.3           | 121.3±3.5  | 118.6±1.4 | 112.5±2.4 | 115.2±1.5 | 115.9±1.9 | 104.4±2.4 |
| Cd            | -                   | -          | -         | -         | -         | -         | -         |
| Pb            | -                   | -          | -         | -         | -         | -         | -         |

<sup>1</sup>Refer to the comment in Table 1. tr: trace, - : not detected. All data are mean of triplicate.

이온 성분 함량이 적었으며, 특히 Fe와 S의 함량이 매우 적은 점이 특징적이었다. S의 경우 황화합물의 역치가 0.02-0.33 ppb로 낮기 때문에 가열처리시 수산물의 구수한 향미 생성에 영향을 미치며(Oda et al., 1981b; Park et al, 1994a), Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> 및 PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> 등은 자숙 계육의 주된 정미발현성분(Hayashi et al, 1981)이라는 점을 고려할 때 이들 무기이온들은 굴이나 굴 가공품의 맛 형성에 크게 기여할 것으로 보인다. 한편, Cd 및 Pb와 같은 유해성 중금속은 양식산과 자연산 참굴류, 그리고 벗굴 모두 검출되지 않았다.

### 유리아미노산 및 트리메틸아민옥사이드

국내 산지별 양식산 및 자연산 굴에서 추출한 엑스분의 주요 정미성분인 유리아미노산의 함량을 분석한 결과를 Table 8에 나타내었다. 양식산 및 자연산 참굴류, 벗굴의 유리아미노산 총함량은 각각 1,444.7-1,620.8, 1,017.3- 1,277.5 및 1,144.1 mg/100 g 으로 대체로 양식산의 함량이 가장 많았으며, 산지에 따라 다소간의 차이를 나타내었다. 주요 유리아미노산으로는 taurine이 각각 305.3-404.0, 282.5-313.4 및 313.8 mg/100 g 으로 가장 많이 함유되어 있었고, 양식산 참굴의 함량이 가장 많았다. Taurine은 기능성을 지닌 황황아미노산의 일종으로 맛에는 관여하지 않으나, 삼투압조절 등 물질대사에 관여하는 기능성 아미노산으로 알려져 있다(Lee, 2008). 이외에 glutamic acid, glycine, alanine, tryptophan, ornithin 및 lysine의 함량이 많았고, 그 외 다른 유리아미노산들도 고루 함유되어 있었다. 대부분의 유리아미노산들은 양식산 참굴에 가장 많이 함유되어 있었고, 자연산 참굴류와 벗굴 사이에 뚜렷한 차이를 보

이지 않았다. 그러나 glycine, tryptophan, ornithine 및 arginine의 경우 산지별 차이가 뚜렷하였는데, glycine, tryptophan 및 ornithine은 양식산 참굴의 함량이 2배 이상 높았으며, 패류의 에너지대사에 관여하는 성분인 arginine (Park et al., 1994b)은 벗굴에 월등히 많이 함유되어 있었다. 아미노산 중 glutamic acid, proline, glycine 및 alanine은 대표적 정미성 아미노산으로 알려져 있고(Kim, 2010), 유리아미노산이 수산물의 가장 중요한 맛성분이라는 점(Park et al., 2000)을 고려할 때 이러한 유리아미노산의 함량 차이는 국내산 굴의 산지별 맛의 특성에 다소 영향을 미칠 것으로 생각되었다.

국내 산지별 양식산 및 자연산 굴 7종의 트리메틸아민옥사이드(TMAO)와 트리메틸아민(TMA) 함량을 분석한 결과는 Table 9와 같다. TMAO는 신선한 수산물의 시원한 감미성분으로 선도가 저하됨에 따라 TMA로 환원되어 어패취 및 비린내의 주원인으로 작용하며, 수산물의 휘발성 염기성분의 주성분으로 알려져 있다. 양식산과 자연산 참굴류, 벗굴의 TMAO와 TMA의 함량은 각각 2.30-3.46 mg/100 g 및 0.31-0.97 mg/100 g 으로 미량 함유되어 있었으며, 산지 및 종별에 따른 차이는 거의 없었다. TMA의 함량은 미량이지만 역치가 대단히 낮기 때문에 이들이 양식산 및 자연산 굴들의 냄새 생성에 어느 정도 기여할 것으로 보인다(Oda et al., 1981a).

## 사 사

이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부) 재원으로 한국

Table 8. Free amino acid content of cultured and wild oyster extracts in Korea

| Amino acid | (mg/100 g)          |         |         |         |         |         |         |
|------------|---------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|            | Sample <sup>1</sup> |         |         |         |         |         |         |
|            | C1                  | C2      | C3      | C4      | W1      | W2      | W3      |
| PS         | 70.8                | 53.9    | 73.1    | 53.7    | 64.8    | 35.2    | 41.0    |
| Tau        | 368.5               | 325.3   | 404.0   | 341.8   | 313.4   | 282.5   | 313.8   |
| Asp        | 29.5                | 18.9    | 46.1    | 32.8    | 30.1    | 33.3    | 3.9     |
| Thr        | 22.4                | 20.0    | 25.4    | 30.5    | 14.5    | 41.1    | 9.8     |
| Ser        | 21.9                | 25.5    | 36.2    | 30.9    | 14.6    | 41.3    | 11.2    |
| Glu        | 104.6               | 107.4   | 124.3   | 129.0   | 92.4    | 124.9   | 89.7    |
| Sar        | 2.9                 | 4.0     | 3.6     | 3.0     | 0.8     | 5.7     | tr      |
| AAAA       | 6.3                 | 6.7     | 6.8     | 6.1     | 3.2     | 5.6     | 11.7    |
| Pro        | 65.3                | 49.0    | 55.1    | 38.9    | 22.7    | 39.0    | 33.5    |
| Gly        | 83.7                | 100.2   | 93.0    | 83.4    | 51.7    | 63.2    | 50.1    |
| Ala        | 129.8               | 150.2   | 138.8   | 129.9   | 66.3    | 111.2   | 119.0   |
| Cit        | -                   | -       | -       | -       | -       | -       | 4.6     |
| AABA       | 2.5                 | 2.8     | 2.6     | 7.5     | 3.4     | 3.7     | 15.1    |
| Val        | 10.6                | 8.9     | 17.3    | 19.9    | 3.6     | 35.1    | 5.7     |
| Cys        | 48.3                | 37.6    | 40.7    | 33.4    | 30.6    | 15.5    | 24.8    |
| Met        | 11.0                | 11.4    | 20.9    | 18.7    | 6.7     | 34.3    | 8.1     |
| Ile        | 15.6                | 14.3    | 18.9    | 17.4    | 7.7     | 17.9    | 9.5     |
| Leu        | 22.4                | 19.1    | 37.6    | 26.5    | 8.0     | 35.1    | 20.2    |
| Tyr        | 25.0                | 21.8    | 23.7    | 26.6    | 6.7     | 32.2    | 9.8     |
| Phe        | 19.2                | 16.9    | 29.6    | 20.5    | 4.4     | 29.7    | 4.0     |
| β-Ala      | 40.3                | 45.7    | 26.3    | 31.2    | 22.6    | 16.5    | 30.6    |
| BABA       | tr                  | tr      | 4.1     | tr      | tr      | 2.8     | 4.9     |
| GABA       | 9.9                 | 13.3    | 11.6    | 8.8     | 5.0     | 5.2     | tr      |
| Try        | 111.5               | 105.0   | 98.6    | 149.4   | 48.4    | 69.1    | 31.4    |
| His        | 22.1                | 17.1    | 20.9    | 22.6    | 6.0     | 26.6    | tr      |
| 1M-His     | 12.9                | 6.2     | 7.7     | 8.8     | 15.8    | 5.5     | 10.8    |
| Car        | 19.9                | 5.2     | 9.6     | 7.6     | tr      | tr      | 10.2    |
| Ans        | 33.0                | 21.1    | 28.5    | 21.5    | 34.2    | 17.3    | 17.1    |
| Hylys      | 15.8                | 9.8     | 17.2    | 6.2     | 28.3    | 5.7     | 13.1    |
| Orn        | 126.1               | 109.2   | 107.9   | 92.7    | 37.4    | 67.1    | 30.9    |
| Lys        | 77.3                | 93.4    | 65.8    | 60.8    | 40.2    | 57.4    | 56.3    |
| Arg        | 24.1                | 34.8    | 24.9    | 18.9    | 33.8    | 17.8    | 153.3   |
| Total      | 1,553.2             | 1,454.7 | 1,620.8 | 1,479.0 | 1,017.3 | 1,277.5 | 1,144.1 |

<sup>1</sup>Refer to the comment in Table 1.

PS: phosphoserine, Tau: taurine, Sar: sarcosine AAAA: α-Amino adipic acid, AABA: α-Aminobutyric acid, BABA: β-Aminoisobutyric acid, GABA: γ-Aminobutyric acid, Ans: anserine, Car: carnosine, Hylys: hydroxylysine, Orn: ornithine. tr: trace, -: not detected.

Table 9. TMAO and TMA content of cultured and wild oyster extracts in Korea

| Sample <sup>1</sup> | (mg/100 g) |           |
|---------------------|------------|-----------|
|                     | TMAO       | TMA       |
| C1                  | 2.79±0.02  | 0.64±0.02 |
| C2                  | 2.81±0.02  | 0.40±0.01 |
| C3                  | 3.08±0.03  | 0.80±0.06 |
| C4                  | 2.82±0.02  | 0.88±0.36 |
| W1                  | 3.46±0.10  | 0.31±0.03 |
| W2                  | 3.33±0.03  | 0.97±0.09 |
| W3                  | 2.30±0.21  | 0.51±0.10 |

<sup>1</sup>Refer to the comment in Table 1.

All data are mean of triplicate.

연구재단의 기초연구사업지원을 받아 수행된 연구(과제번호 0074813)의 일부로서 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

- Ackman RG. 1989. Capillary gas-liquid chromatography. Elsevier Applied Pub Co Inc. NY, USA, 137-149.
- AOCS. 1990. AOCS Official Method Ce lb-89. In Official Methods and Recommended Practice of the AOCS, 4th ed. AOCS, Champaign, IL, USA.
- Bligh EG and Dyer WJ. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. Can J Biochem Pysiol 37, 911-17.
- Cho YJ. 2009. Sashimi Science. Pukyong Nat Uni Press, Pusan, Korea, 82-87.
- Hashimoto Y and Okaichi T. 1957. On the determination of TMA and TMAO. Bull Japan Soc Sci Fish 23, 269-272.
- Hayashi T, Yamaguchi K and Konosu S. 1981. Sensory analysis of taste-active components in the extract of boiled snow crab meat. J Food Sci 46, 479-483.
- Ho CT, Bruechert LJ, Zhang Y and Chiu EM. 1989. Thermal Generation of Aromas. American Chemical Society. Washington DC, USA, 105.
- Jeong BY, Ohshima T and Koizumi C. 1991. Changes in molecular species compositions of glycerophospholipids in Japanese oyster *Crassostrea gigas* during frozen storage. Biochem Physiol 1, 99-105.
- Kang JY, Roh TH, Hwang SM, Kim YA, Choi JD and Oh KS. 2010. The precursors and flavor constituents of the cooked oyster flavor. Kor J Fish Aquat Sci 43, 606-613.
- Kim DH. 2010. Food Chemistry. Tamgudang. Seoul, Korea, 30-32.
- Kim DS, Koizumi C, Jeong BY and Jo GS. 1994. Studies on the lipid content and fatty acid composition of anchovy sauce prepared by heating fermentation. Kor J Fish Aquat Sci 27, 469-475.

- KORDI. 2004. Encyclopedia of Fish and Seafood. In 2. Edible Fish and Shellfishes. Sambo Pub Co. Seoul, 40-43.
- KSFSN. 2000-a. Handbook of Experimental in Food Science and Nutrition. Hyoil Pub Co., Seoul, Korea, 96-127.
- KSFSN. 2000-b. Handbook of Experimental in Food Science and Nutrition. Hyoil Pub Co., Seoul, Korea, 625-627.
- Lee JS. 1995. Isolation and some properties of bitter taste compounds from cultured oyster, *Crassostrea gigas*. Kor J Fish Aquat Sci 28, 98-104.
- Lee JS. 2008. Chemistry and Utilization of Algae. Hyoil Publish Co., Seoul, Korea, 155-156.
- Murata M and Sakaguchi M. 1986. Changes in contents of free amino acids, trimethylamine and nonprotein nitrogen of oyster during ice storage. Bull Japan Soc Sci Fish 52, 1975-1980.
- Oda S, Tokunaga D, Ishikawa M, Motosugi M, Yoshii H and Yoshimatsu H. 1981a. Chemistry and Masking of Fish Odor. Koseishakoseikak, Tokyo, Japan, 36-38, 79-81.
- Oda S, Tokunaga D, Ishikawa M, Motosugi M, Yoshii H and Yoshimatsu H. 1981b. Chemistry and Masking of Fish Odor. Koseishakoseikak. Tokyo, Japan, 37.
- Ohara T. 1982a. Food Analysis Handbook. Kenpakusha Pub Co., Tokyo, Japan, 51-55.
- Ohara T. 1982b. Food Analysis Handbook. Kenpakusha Pub Co., Tokyo, Japan, 264-267.
- Okuzumi M, Nakaizumi H and Koike H. 1979. Bacterial flora of cultured oysters (Pacific oyster, *Crassostrea gigas*). Bull Japan Soc Sci Fish 45, 1189-1194.
- Park HY, Cho YJ, Oh KS, Koo JG and Lee NG. 2000. Applied Seafood Processing. Suhyup Pub Co, Seoul, Korea, 39-42.
- Park YH, Jang DS and Kim SB. 1994a. Seafood Processing and Utilization. Hyeongsul Pub Co, Daegu, Korea, 214.
- Park YH, Jang DS and Kim SB. 1994b. Seafood Processing and Utilization. Hyeongsul Pub Co, Daegu, Korea, 159, 350.
- Yoo JH, Kwon DJ, Park JH and Koo YJ. 1984. Use of nisin as an aid reduction of thermal process of bottled *Sikhae*. J Microbial and Biotech 4, 141-145.