

## 양식과정 중 고등어의 일반성분과 지방산 조성의 변화

문수경·김인수·홍석남<sup>1</sup>·임동훈<sup>2</sup>·정보영\*

경상대학교 식품영양학과 / 해양산업연구소,

<sup>1</sup>인성수산, <sup>2</sup>경상대학교 정보통계학과

## Changes in the Proximate and Fatty Acid Compositions of Chub Mackerel, *Scomber japonicus* Muscle during Cultivation

Soo-Kyung Moon, In-Soo Kim, Seok Nam Hong<sup>1</sup>,  
Dong Hoon Lim<sup>2</sup> and Bo-Young Jeong\*

Department of Food and Nutrition/Institute of Marine Industry,  
Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea,

<sup>1</sup>Insung Marine Products, Seoul 140-887, Korea,

<sup>2</sup>Department of Information Statistics, Gyeongsang National University,  
Jinju 660-701, Korea

Monthly changes in the proximate and fatty acid compositions of chub mackerel (*Scomber japonicus*) muscle during cultivation from October 2007 to September 2008 were investigated. The lipid content increased gradually from the first stage of cultivation until March 2008 and then dramatically until May, before decreasing. The highest lipid content during cultivation was 21.6% in May, just before the fish spawns. There was a negative correlation ( $y=-1.1585x+87.741$ ,  $R^2=0.9495$ ) between the lipid and moisture contents during cultivation of chub mackerel. By contrast, the protein ( $18.6\pm 1.05\%$ ) and ash ( $1.18\pm 0.11\%$ ) contents were essentially unchanged during cultivation. Prominent fatty acids in chub mackerel muscle were 16:0, 18:0, 14:0 saturates, 18:1n-9, 16:1n-7, 18:1n-7 monoenes, and 22:6n-3 (docosahexaenoic acid, DHA), 20:5n-3 (eicosapentaenoic acid, EPA), and 18:2n-6 polyenes. The percentages of n-3 polyunsaturated fatty acids (PUFA), such as DHA and EPA, were higher during three months in the early stage of cultivation than they were subsequently. However, the PUFA (DHA+EPA) content (in mg/100 g of muscle) was lower in the early stage (740-796 mg/100 g muscle) than in the other stages. The highest PUFA (DHA+EPA) content was from April to May (2,749-2751 mg/100 g muscle). The PUFA content was positively correlated with the total lipid content of chub mackerel muscle during cultivation. The results indicate that cultured chub mackerel is a very good source of n-3 PUFA, such as DHA and EPA.

Key words; Chub Mackerel, Cultivation, Docosahexaenoic acid, Eicosapentaenoic acid, Proximate composition

### 서 론

최근 국내에서 생산되는 양식고등어는 주로 해상에서 정지망 등으로 포획한 체중 약 100-150 g의 활고등어를 해상가두리에 입식하여 양성하는 형태로 양식하고 있다. 천해양식에 의한 고등어의 국내생산량은 2003년에 국내 최초로 약 5 M/T이 생산된 이후 2006년에 184 M/T, 2009년에 249 M/T (Korea Statistical Information Service [KOSIS], 2010)으로 생산량이 꾸준히 증가하는 추세이다. 이와 같이 양식고등어의 생산량 증가는 고등어에 대한 소비자의 인식과 활어회를 즐기는 소비경향과 밀접한 관련이 있는 것으로 보인다. 실제 양식고등어의 국내 소비형태는 양식장으로부터 활어상태로 운반되어 주로 생선회로서 이용되고 있고, 연중 생산이 가능하기 때문에 언제든지 신선한 고등어 생선회 섭취가 가능하게 되었다.

고등어는 전갱이, 정어리, 삼치 등 다른 등푸른 생선보다 지질 함량이 더 많은 경향이 있으며, 이들 지질에는 생체조절 기능성지질성분인 22:6n-3 (docosahexaenoic acid, DHA), 20:5n-3 (eicosapentaenoic acid, EPA) 등 오메가 ( $\omega$  또는 n)-3 고도불포화지방산 (polyunsaturated fatty acid, PUFA)이 풍부하게 함유되어 있다 (Jeong et al., 1998a, b). 이러한 n-3 PUFA를 다량 함유하고 있는 수산식품을 섭취하면 뇌혈관질환, 심장질환, 고혈압, 위암, 간암, 자궁암, 간경변 등에 의한 사망률을 낮출 수 있다고 보고되어 있다 (Hirayama, 1990). 한편 천연산 고등어의 식품성분에 관한 연구는 상당히 많이 수행되어 있으나 (Lee et al., 1986; Jeong et al., 1998c, 1999; Celik, 2008; Bae et al., 2010), 양식산 고등어의 식품성분에 관한 연구는 거의 알려져 있지 않다. 다만 Moon et al. (2009)의 양식산과 천연산 고등어근육의 식품성분에 대한 비교연구가 있는 정도이다. Moon et al. (2009)은 동일시기에 채취한 양식산과 천연산 고등

\*Corresponding author: byjeong@gsnu.ac.kr

어의 식품성분을 크기에 따라 비교하였다. 일반적으로 어류의 식품성분은 계절, 서식처, 먹이, 성별, 성장속도 등 여러 가지 요인에 따라 다르고, 같은 어종이라도 어체의 크기와 부위에 따라 서로 다르며 (Nakamura et al., 2007; Bae et al., 2010), 양식산과 천연산간에도 차이가 많다 (Jeong et al., 2000; Moon et al., 2000). 또한 지금까지 연중 섭취가 가능한 활어상태의 양식고등어에 대한 영양기능성분과 DHA, EPA 등 생체조절 기능성성분의 연중 변화에 대한 정보도 거의 알려져 있지 않다. 따라서 본 연구는 고등어치어를 입식한 후 약 1년간 양식하면서 일반성분 함량과 생체조절 기능성성분인 n-3 PUFA 함량 등을 월별로 분석하여 그들의 연중변화를 검토하였다.

## 재료 및 방법

### 시료

실험에 사용된 고등어는 2007년 10월 통영시 욕지도 연안에서 정지망으로 포획한 체중 약 147 g의 치어를 인접 해역의 해상가두리에 입식한 후 2008년 9월까지 양식하면서 매월 일정시기에 무작위로 10-20 마리씩 채취하여 활어상태로 실험실까지 운반하였다. 이들 양식산 고등어는 실험실에서 즉살시킨 다음 신속하게 전장, 체장, 체중 등을 측정하고, 근육을 채취한 후 speed cutter에 의하여 마쇄 혼합한 것을 -70℃에 저장하여 두고 분석에 사용하였다. 모든 분석결과는 각 시료를 2 그룹으로 나누어 2회씩 총 4회 분석의 평균값으로 나타내었다.

### 일반성분 분석

양식 고등어육의 수분함량은 상압가열건조법으로, 단백질함량 (N×6.25)은 semimicro kjeldhal 법으로, 회분함량은 건식회화법으로 측정하였다 (AOAC, 1995). 그리고 지질 (total lipid, TL) 함량은 Bligh와 Dyer (1959)의 방법에 의하여 지질을 추출하고 중량법으로 측정하였다.

### 지방산 조성분석

TL의 지방산 methyl ester는 14% BF<sub>3</sub>-Methanol 용액을 이용하여 조제하였다 (AOCS, 1998). TL의 지방산 조성은 Omegawax 320 fused silica capillary column (30 m × 0.32 mm × 0.25 μm film thickness, Supelco, Inc. Bellefonte, USA)을 장착한 GC (Shimadzu 17A, Shimadzu Seisakusho, Co, Ltd. Kyoto, Japan)로서 분석하였다. GC의 시료 주입구 (injector) 및 FI (flame ionization) 검출기 (detector) 온도는 250℃로 하였으며, 컬럼오븐 (column oven) 온도는 180℃에서 8분간 유지한 후 3℃/min으로 230℃까지 승온시킨 다음 15분간 유지하였다. Carrier gas는 He (1.0 kg/cm<sup>2</sup>)를 사용하고, split ratio는 1:50으로 하였다. 분석된 지방산은 시료의 경우와 동일한 조건에서 분석한 표준품 (SUPELCO, Bellefonte, PA, USA)의 머무름시간 (retention time)과 비교하여 동정하고, 표준품이 없는 지방산의 경우는 문헌상 (Ackman, 1986; Moon et al., 2005)의 ECL (equivalent chain length)과 비교하여 동정하였다. 내부 표준품으로는 methyl tricosanoate (99%; Aldrich Chem. Co., Milwaukee, USA)를 사용하였으며, DHA와 EPA 함량은 AOCS (1998)법에 따라 산출하였다.

### 통계처리

실험결과의 통계처리는 통계프로그램 SPSS 18.0을 사용하여 분석하였다. 즉 고등어 양식과정 중 전장, 체장, 체중, 일반성분조성, 그리고 주요 지방산조성이 월별로 유의한 차이가 있는지를 알아보기 위하여 모수적인 분산분석 (analysis of variance)과 비모수적인 Kruskal-Wallis 검정을 실시하였다. 일원배치 데이터 (one-way layout)에서 등분산 (equal variance)을 만족하는 경우는 분산분석을 실시하였고, 만족하지 않는 경우에는 Kruskal-Wallis 검정을 실시하였다. 분산분석에서 사용된 검정통계량은 F-통계량이고 Kruskal-Wallis 검정에서 사용된 검정통계량은  $\chi^2$ -통계량이다. 한편, EP 사료와 MP 사료의 주요 지방산조성과 TL 함량에 대한 비교는 t-검정 ( $P < 0.05$ )을 실시하여 나타내었다.

Table 1. Changes in the body size (cm), body weight (g) and proximate composition (%) of chub mackerel muscle during cultivation

|              | 2007 October | November  | December  | 2008 January | February  | March     |
|--------------|--------------|-----------|-----------|--------------|-----------|-----------|
| Total length | 25.3±1.27    | 26.1±0.74 | 26.3±0.67 | 26.8±0.89    | 26.7±0.79 | 29.4±0.62 |
| Body length  | 21.6±1.70    | 22.3±1.09 | 23.5±0.76 | 25.2±1.32    | 24.1±0.46 | 25.7±0.41 |
| Body weight  | 147±16.4     | 171±23.3  | 176±13.1  | 222±17.4     | 198±20.7  | 249±12.5  |
| Moisture     | 73.5±0.05    | 71.8±0.07 | 69.7±0.41 | 66.4±0.18    | 66.2±1.60 | 68.6±0.49 |
| Protein      | 18.6±0.26    | 19.8±0.03 | 19.3±0.22 | 19.8±0.99    | 18.7±0.50 | 17.1±0.09 |
| Lipid        | 4.11±0.02    | 3.73±0.16 | 5.78±0.08 | 8.37±0.56    | 10.6±0.11 | 9.69±0.45 |
| Ash          | 1.05±0.04    | 1.36±0.04 | 1.25±0.05 | 1.14±0.00    | 1.13±0.07 | 1.39±0.03 |
|              | April        | May       | June      | July         | August    | September |
| Total length | 28.9±0.58    | 28.7±0.47 | 30.2±0.59 | 31.8±0.82    | 33.3±0.86 | 33.3±0.54 |
| Body length  | 25.3±0.59    | 26.7±0.47 | 27.9±0.47 | 28.8±0.87    | 30.4±0.81 | 30.4±0.71 |
| Body weight  | 271±18.3     | 294±13.1  | 352±22.6  | 370±21.7     | 401±40.2  | 405±24.8  |
| Moisture     | 60.6±0.11    | 57.6±1.11 | 61.6±0.68 | 63.3±1.04    | 62.6±1.55 | 63.6±0.35 |
| Protein      | 17.2±0.10    | 18.2±0.03 | 18.7±0.50 | 17.1±0.88    | 19.6±0.50 | 19.7±0.02 |
| Lipid        | 18.3±0.07    | 21.4±0.24 | 17.6±0.15 | 16.5±0.37    | 15.0±0.11 | 14.2±0.37 |
| Ash          | 1.06±0.06    | 1.26±0.06 | 1.16±0.02 | 1.10±0.07    | 1.11±0.04 | 1.17±0.03 |

## 결과 및 고찰

### 체장 및 체중의 변화

Table 1은 양식과정 중 고등어의 전장, 체장, 체중, 그리고 일반성분 조성의 월별 변화를 나타내었고, 이들의 통계분석 결과를 Table 2에 나타내었다. 고등어의 체중은 2007년 10월 해상가두리에 최초 입식 당시 평균 약 147 g이었으며 이후 서서히 증가하여 이듬해인 2008년 1월에는 약 222 g으로 3개월간 약 75 g 증가한 후 2월에는 약간 감소하는 경향을 보였다. 체중의 감소는 수온의 저하로 사료섭취가 부진했기 때문으로 보인다. 실제 해상가두리가 위치한 고등어양식장의 수온을 측정된 결과 2008년 1월에 10.8±0.64℃, 2월에 10.0±0.18℃, 3월에 10.6±0.41℃를 나타내었으며, 특히 2월의 수온이 연중 최저치를 나타내었다. 하지만 3월부터는 체중이 다시 증가하기 시작하여 5월에서 6월 사이에는 연중 가장 급격하게 증가하였으며 1개월 동안 약 58 g이나 증가하였다. 이 후 양식고등어의 체중은 지속적으로 증가하여 실험 최종시점인 2008년 9월 (12개월째)에는 약 405 g으로 양식과정 중 총 약 260 g의 체중증가를 나타내었다. 특히 2008년 5월과 6월 사이에 양식고등어의 체중이 가장 크게 증가한 것은 이 시기가 산란기로서 생식소의 성장이 크게 기여했기 때문으로 보인다. 실제 본 연구에서 양식고등어의 생식소는 2008년 5월에 일부 어체에서 미성숙상태로서 미량 발견되었고, 6월과 7월에는 성숙상태로 상당량 발견되었으나 8월 이후에는 전혀 발견되지 않았다. 그리고 양식과정 중 고등어의 전장, 체장, 체중 등의 변화가 월별로 모두 유의한 차이 ( $P<0.05$ )가 있음을 알 수 있었다 (Table 2).

Table 2. The results of statistical analysis on the monthly changes in the body size (cm) and weight (g), and proximate compositions of chub mackerel during cultivation

|              | Test statistic           | P-value |
|--------------|--------------------------|---------|
| Total length | $\chi^2 = 107.482^{***}$ | 0.000   |
| Body length  | $\chi^2 = 112.362^{***}$ | 0.000   |
| Body weight  | $\chi^2 = 113.755^{***}$ | 0.000   |
| Moisture     | $\chi^2 = 33.907^{***}$  | 0.000   |
| Protein      | $\chi^2 = 31.628^{***}$  | 0.001   |
| Lipid        | $\chi^2 = 55.566^{***}$  | 0.000   |
| Ash          | F = 17.400^{***}         | 0.000   |

### 일반성분조성의 변화

Table 1에서 볼 수 있듯이 수분함량은 입식초기인 2007년 10월에 연중 최고치인 73.5%를 나타낸 후 2008년 5월 (7개월째)에 최저치인 57.6%까지 감소한 다음 다시 서서히 증가하여 실험 종료시기인 9월에는 63.6%가 되었다. 수분함량의 변화와는 반대로 지질함량은 입식초기에 4.1%를 나타낸 이후 서서히 증가하여 2008년 2월 (4개월째)에는 약 10.6%로 4개월 동안 약 2.5배가 증가하였다. 이 후 지질함량은 3월까지 정체현상을

보이다가 4월에는 18.3%까지 급격하게 증가하였으며, 5월에는 연중 최고치인 21.6%까지 증가하였다. 이 후 6월에는 지질함량이 17.7%를 나타내어 전월에 비하여 비교적 큰 폭으로 감소하였으나 7월부터는 완만하게 감소하는 경향을 보여 최종적으로 실험종료시기인 9월에 14.2%를 나타내었다. 따라서 이들 결과로부터 양식과정 중 고등어육의 수분함량과 지질함량은 상호 반대의 경향을 나타내었다. 그러나 양식고등어육의 단백질함량과 회분은 연평균 18.6±1.05% 및 1.18±0.11%로 거의 일정한 수준을 유지하였다. 한편 Table 2에서 볼 수 있듯이 양식고등어육의 일반성분조성이 월별로 유의한 차이 ( $P<0.05$ )가 있음을 알 수 있었다.

일반적으로 어류 근육의 일반성분조성은 계절, 서식처, 먹이, 성별, 성성속도 등 여러 가지 요인에 따라 다르고, 같은 어종이라도 어체의 크기와 부위에 따라서도 다르며, 양식산과 천연산간에도 차이가 있다. 또한 어류 근육의 일반성분 중 지질함량은 수분함량과 역의 상관관계를 나타낸다 (Jeong et al., 1998b, c; Moon et al., 2009). 본 연구 결과에서도 수분함량과 지질함량과는  $y = -1.1585x + 87.741$  ( $R^2 = 0.9495$ )로서 역의 상관관계를 나타내었다. 이들 두 성분의 역상관관계는 주로 중성지질이 유적 (oil droplets)의 형태로 근육 중에 축적될 때 (Shindo et al., 1986) 이들 유적이 근육 중의 간질수분 (interstitial water)과 대체되기 때문이다. 또한 이 현상은 근육 중 단백질함량과 회분함량이 거의 일정하게 유지됨으로서 수분함량과 지질함량 사이의 역상관관계가 더욱 분명해진다 (Ackman, 1989).

한편, 양식산 어류는 천연산의 경우에 비하여 지질함량이 더 높은 경향을 보인다 (Jeong et al., 2000; Moon et al., 2009). 이와 같이 어류근육에서 양식산이 천연산에 비하여 지질함량이 높은 것은 사료의 질, 그리고 사료섭취의 용이성과 운동량의 부족 등이 주요 원인으로 알려져 있다. 또한 Moon et al. (2009)은 3월에 채취한 양식산 고등어를 대형 (체중 약 540 g)과 소형 (체중 약 390 g)으로 나누어 이들의 지질함량을 분석한 결과 각각 20.5%와 20.1%로서 거의 차이가 없었다고 보고하였다. 그러나 본 연구에서 3월에 채취된 양식산 고등어 (체중 약 249 g)의 지질함량 (9.69%)과는 많은 차이를 보였다. 본 연구결과의 일부 (3월 채취, 290 g)와 Moon et al. (2009)의 결과가 동일시기에 채취한 양식산 고등어임에도 불구하고 지질함량에서 많은 차이를 나타낸 가장 큰 원인은 어체의 크기가 다르기 때문으로 보인다. 또한 양식어의 어체크기는 양식환경, 특히 사료의 질과 양식기간에 따라 다르다. 본 연구와 Moon et al. (2009)의 연구에서 사용된 양식고등어는 동일 어장에서 채취한 것이기 때문에 사료의 질은 동일한 것으로 생각되나 양식기간이 다르기 때문에 어체의 크기가 다르고 결국 지질, 수분 등의 일반성분 조성도 다른 것으로 생각된다. 한편 일반적으로 천연산의 경우 동일어종이라도 소형어보다 대형어에서 지질함량이 높고, 수분함량은 이와 반대의 경향을 나타낸다. Nakamura et al. (2007)은 참다랑어 (Pacific bluefin tuna, *Thunnus orientalis*)를 약 1년간 양식하면서 성장과정중 일반성분과 지방산 조성의 변화를 연구하였다.

Table 3. Changes in fatty acid composition (wt %) of chub mackerel muscles during cultivation<sup>1</sup>

| Fatty acid               | 2007       |            |            | 2008            |            |            |
|--------------------------|------------|------------|------------|-----------------|------------|------------|
|                          | October    | November   | December   | January         | February   | March      |
| 14:0                     | 3.90± 0.05 | 3.29± 0.07 | 3.44± 0.05 | 2.47± 0.04      | 2.43± 0.18 | 3.09± 0.14 |
| 15:0 iso                 | 0.16± 0.00 | 0.14± 0.00 | 0.12± 0.00 | 0.07± 0.00      | 0.03± 0.00 | 0.12± 0.01 |
| 15:0                     | 0.72± 0.01 | 0.62± 0.01 | 0.47± 0.00 | 0.25± 0.01      | 0.28± 0.02 | 0.32± 0.01 |
| 16:0 iso                 | 0.10± 0.00 | 0.17± 0.01 | 0.07± 0.01 | 0.00± 0.00      | 0.04± 0.00 | 0.05± 0.01 |
| 16:0                     | 21.2± 0.24 | 22.2± 0.15 | 21.0± 0.11 | 17.4± 0.94      | 18.4± 0.65 | 19.9± 0.64 |
| 17:0 iso                 | 0.45± 0.01 | 0.42± 0.01 | 0.38± 0.04 | 0.23± 0.01      | 0.27± 0.01 | 0.39± 0.01 |
| 17:0 anteiso             | 0.18± 0.00 | 0.11± 0.25 | 0.41± 0.27 | 0.07± 0.01      | 0.00± 0.00 | 0.07± 0.00 |
| Phytanic                 | 0.76± 0.00 | 0.65± 0.05 | 0.59± 0.06 | 0.29± 0.12      | 0.51± 0.01 | 0.66± 0.01 |
| 17:0                     | 0.86± 0.02 | 0.75± 0.13 | 0.50± 0.04 | 0.29± 0.02      | 0.36± 0.01 | 0.39± 0.01 |
| 18:0 iso                 | 0.26± 0.01 | 0.25± 0.03 | 0.14± 0.07 | 0.12± 0.01      | 0.14± 0.00 | 0.20± 0.00 |
| 18:0                     | 6.23± 0.06 | 6.44± 5.26 | 5.57± 0.04 | 4.36± 0.20      | 4.87± 0.13 | 4.71± 0.14 |
| 20:0                     | 0.50± 0.02 | 0.45± 0.01 | 0.34± 0.00 | 0.25± 0.02      | 0.28± 0.02 | 0.25± 0.01 |
| 22:0                     | 0.32± 0.01 | 0.28± 0.01 | 0.21± 0.01 | 0.18± 0.03      | 0.21± 0.18 | 0.18± 0.01 |
| 24:0                     | 0.13± 0.02 | 0.09± 0.02 | 0.10± 0.00 | ND <sup>2</sup> | ND         | 0.07± 0.01 |
| ΣSaturates               | 35.7       | 35.9       | 33.3       | 26.0            | 27.8       | 30.4       |
| 16:1n-7                  | 5.41± 0.07 | 4.99± 0.04 | 5.51± 0.12 | 4.51± 0.38      | 4.58± 0.09 | 5.60± 0.03 |
| 16:1n-5                  | 0.11± 0.00 | 0.10± 0.00 | 0.17± 0.05 | 0.10± 0.02      | 0.09± 0.00 | 0.24± 0.01 |
| 17:1n-8                  | 0.67± 0.00 | 0.50± 0.13 | 0.34± 0.15 | 0.29± 0.10      | 0.44± 0.00 | 0.48± 0.01 |
| 18:1n-9                  | 14.1± 0.35 | 16.9± 0.07 | 21.0± 0.20 | 30.1± 0.61      | 27.5± 0.09 | 22.6± 0.13 |
| 18:1n-7                  | 3.65± 0.05 | 3.73± 0.04 | 4.36± 0.07 | 5.05± 0.11      | 5.17± 0.23 | 4.60± 0.04 |
| 18:1n-5                  | 0.18± 0.02 | 0.19± 0.49 | 0.38± 0.04 | 0.47± 0.05      | 0.53± 0.02 | 0.46± 0.04 |
| 20:1n-9                  | 1.74± 0.03 | 2.19± 0.02 | 2.64± 0.02 | 2.94± 1.02      | 2.38± 0.01 | 3.44± 0.02 |
| 20:1n-7                  | 0.56± 0.04 | 0.54± 0.04 | 0.39± 0.00 | 0.31± 0.08      | 0.29± 0.07 | 0.33± 0.01 |
| 22:1n-11                 | 0.70± 0.01 | 1.10± 0.02 | 1.56± 0.06 | 1.09± 0.26      | 1.12± 0.01 | 2.50± 0.05 |
| 22:1n-9                  | 0.50± 0.02 | 0.56± 0.01 | 0.60± 0.01 | 0.65± 0.16      | 0.60± 0.02 | 0.74± 0.02 |
| 22:1n-7                  | 0.33± 0.02 | 0.33± 0.01 | 0.19± 0.01 | 0.12± 0.01      | 0.14± 0.01 | 0.14± 0.02 |
| ΣMonoenes                | 27.9       | 31.2       | 37.2       | 45.6            | 42.8       | 41.2       |
| 18:2n-6                  | 1.27± 0.13 | 1.17± 0.47 | 2.29± 0.03 | 6.55± 0.70      | 5.22± 0.11 | 2.54± 0.00 |
| 18:2n-4                  | 0.26± 0.02 | 0.22± 0.04 | 0.26± 0.03 | 0.32± 0.05      | 0.35± 0.01 | 0.28± 0.02 |
| 18:3n-6                  | 0.37± 0.01 | 0.29± 0.03 | 0.25± 0.01 | 0.21± 0.04      | 0.23± 0.01 | 0.22± 0.01 |
| 18:3n-3                  | 0.55± 0.02 | 0.44± 0.00 | 0.69± 0.02 | 1.63± 0.15      | 1.25± 0.00 | 0.70± 0.02 |
| 18:4n-3                  | 0.69± 0.01 | 0.55± 0.00 | 0.64± 0.02 | 0.69± 0.04      | 0.69± 0.01 | 0.89± 0.03 |
| 20:2NMID <sup>3</sup>    | ND         | 0.08± 0.01 | 0.18± 0.01 | 0.42± 0.03      | 0.37± 0.01 | 0.19± 0.00 |
| 20:2n-6                  | 0.20± 0.00 | 0.19± 0.00 | 0.17± 0.01 | 0.19± 0.01      | 0.19± 0.01 | 0.19± 0.01 |
| 20:3n-6                  | 0.09± 0.00 | 0.10± 0.04 | 0.07± 0.05 | 0.08± 0.00      | 0.08± 0.01 | 0.03± 0.00 |
| 20:4n-6                  | 2.06± 0.06 | 1.79± 0.02 | 1.35± 0.01 | 0.83± 0.01      | 0.99± 0.01 | 1.05± 0.03 |
| 20:3n-3                  | 0.13± 0.01 | 0.11± 0.01 | 0.11± 0.02 | 0.10± 0.01      | 0.10± 0.03 | 0.11± 0.00 |
| 20:4n-3                  | 0.35± 0.01 | 0.33± 0.01 | 0.35± 0.00 | 0.37± 0.04      | 0.36± 0.00 | 0.41± 0.01 |
| 20:5n-3                  | 8.75± 0.06 | 7.36± 0.06 | 6.61± 0.06 | 5.76± 0.25      | 6.15± 0.01 | 6.26± 0.16 |
| 21:5n-3                  | 0.25± 0.01 | 0.21± 0.01 | 0.21± 0.54 | 0.19± 0.01      | 0.21± 0.01 | 0.23± 0.01 |
| 22:4n-6                  | 0.43± 0.00 | 0.40± 0.01 | 0.30± 0.03 | 0.17± 0.03      | 0.26± 0.01 | 0.19± 0.02 |
| 22:5n-6                  | 0.74± 0.02 | 0.62± 0.00 | 0.47± 0.00 | 0.26± 0.02      | 0.31± 0.01 | 0.36± 0.01 |
| 22:5n-3                  | 1.97± 0.05 | 1.84± 0.02 | 1.58± 0.02 | 1.23± 0.04      | 1.45± 0.04 | 1.61± 0.06 |
| 22:6n-3                  | 18.0± 0.39 | 17.0± 0.17 | 13.8± 0.08 | 9.18± 0.21      | 10.9± 0.45 | 13.0± 0.41 |
| ΣPolyenes                | 36.2       | 32.7       | 29.3       | 28.2            | 29.1       | 28.3       |
| Unknown                  | 0.21± 0.01 | 0.19± 0.01 | 0.20± 0.00 | 0.23± 0.03      | 0.21± 0.01 | 0.19± 0.01 |
| DHA content <sup>4</sup> | 495.5      | 524.7      | 534.0      | 737.0           | 1010       | 1153       |
| EPA content <sup>4</sup> | 245.3      | 231.1      | 262.1      | 473.4           | 580.2      | 565.8      |

<sup>1</sup>Data are expressed as mean±SD of four determinations (two group×two determinations).<sup>2</sup>ND, not detected.<sup>3</sup>NMID, non-methylene interrupted diene,<sup>4</sup>mg/100 g muscle.

Table 3. continued

| Fatty acid   | 2008      |           |           |           |           |           |
|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|              | April     | May       | June      | July      | August    | September |
| 14:0         | 2.51±0.02 | 2.46±0.17 | 2.75±0.08 | 2.64±0.04 | 2.57±0.04 | 2.43±0.16 |
| 15:0 iso     | 0.08±0.00 | 0.08±0.00 | 0.09±0.00 | 0.08±0.00 | 0.08±0.00 | 0.08±0.01 |
| 15:0         | 0.26±0.00 | 0.24±0.01 | 0.26±0.01 | 0.25±0.00 | 0.25±0.00 | 0.26±0.01 |
| 16:0 iso     | 0.03±0.01 | 0.04±0.00 | 0.05±0.00 | 0.05±0.00 | 0.04±0.00 | 0.05±0.01 |
| 16:0         | 18.3±0.11 | 18.0±0.39 | 17.9±0.16 | 17.0±0.20 | 17.2±0.18 | 18.9±0.28 |
| 17:0 iso     | 0.34±0.00 | 0.36±0.01 | 0.33±0.00 | 0.32±0.01 | 0.25±0.04 | 0.33±0.01 |
| 17:0 anteiso | 0.09±0.05 | 0.14±0.00 | 0.14±0.00 | 0.10±0.03 | 0.08±0.00 | 0.15±0.05 |
| Phytanic     | 0.45±0.12 | 0.48±0.01 | 0.50±0.01 | 0.35±0.10 | 0.25±0.01 | 0.34±0.14 |
| 17:0         | 0.29±0.04 | 0.29±0.01 | 0.31±0.00 | 0.30±0.03 | 0.32±0.00 | 0.31±0.05 |
| 18:0 iso     | 0.13±0.01 | 0.12±0.00 | 0.14±0.01 | 0.14±0.00 | 0.14±0.00 | 0.20±0.06 |
| 18:0         | 4.47±0.04 | 4.32±0.04 | 4.49±0.03 | 4.86±0.04 | 4.75±0.02 | 4.57±0.06 |
| 20:0         | 0.24±0.00 | 0.23±0.01 | 0.24±0.02 | 0.27±0.01 | 0.27±0.00 | 0.27±0.01 |
| 22:0         | 0.18±0.01 | 0.17±0.01 | 0.14±0.01 | 0.15±0.01 | 0.17±0.02 | 0.16±0.01 |
| 24:0         | 0.06±0.00 | 0.06±0.00 | 0.06±0.00 | 0.07±0.00 | 0.07±0.00 | 0.07±0.00 |
| ΣSaturates   | 27.5      | 27.0      | 27.4      | 26.6      | 26.5      | 28.2      |
| 16:1n-7      | 5.16±0.01 | 5.17±0.05 | 5.24±0.03 | 4.64±0.16 | 4.27±0.05 | 4.64±0.22 |
| 16:1n-5      | 0.21±0.01 | 0.23±0.02 | 0.20±0.01 | 0.17±0.00 | 0.13±0.02 | 0.21±0.02 |
| 17:1n-8      | 0.38±0.12 | 0.46±0.02 | 0.50±0.01 | 0.30±0.13 | 0.24±0.01 | 0.37±0.13 |
| 18:1n-9      | 28.6±0.24 | 28.6±0.14 | 27.8±0.15 | 28.4±0.21 | 29.5±0.17 | 27.9±0.10 |
| 18:1n-7      | 4.84±0.16 | 5.06±0.10 | 4.74±0.05 | 4.69±0.09 | 4.72±0.10 | 4.75±0.28 |
| 18:1n-5      | 0.46±0.05 | 0.59±0.12 | 0.46±0.05 | 0.37±0.05 | 0.35±0.01 | 0.44±0.03 |
| 20:1n-9      | 2.47±0.05 | 2.37±0.03 | 2.60±0.02 | 2.73±0.02 | 2.83±0.03 | 2.65±0.03 |
| 20:1n-7      | 0.31±0.00 | 0.29±0.01 | 0.28±0.01 | 0.28±0.01 | 0.27±0.01 | 0.27±0.02 |
| 22:1n-11     | 1.28±0.01 | 1.27±0.02 | 1.61±0.01 | 1.67±0.03 | 1.64±0.03 | 1.40±0.03 |
| 22:1n-9      | 0.62±0.00 | 0.59±0.02 | 0.57±0.02 | 0.60±0.02 | 0.62±0.02 | 0.61±0.03 |
| 22:1n-7      | 0.11±0.00 | 0.09±0.00 | 0.09±0.00 | 0.09±0.00 | 0.09±0.01 | 0.09±0.00 |
| ΣMonoenes    | 44.4      | 44.7      | 44.1      | 43.9      | 44.7      | 43.4      |
| 18:2n-6      | 5.41±0.02 | 5.79±0.07 | 5.88±0.03 | 6.58±0.07 | 6.56±0.03 | 5.42±0.05 |
| 18:2n-4      | 0.23±0.02 | 0.25±0.01 | 0.25±0.01 | 0.24±0.02 | 0.21±0.02 | 0.22±0.02 |
| 18:3n-6      | 0.19±0.03 | 0.20±0.01 | 0.20±0.02 | 0.20±0.03 | 0.18±0.00 | 0.21±0.05 |
| 18:3n-3      | 0.92±0.68 | 1.40±0.01 | 1.39±0.01 | 1.47±0.01 | 1.39±0.01 | 1.26±0.02 |
| 18:4n-3      | 0.79±0.01 | 0.89±0.01 | 0.84±0.01 | 0.81±0.00 | 0.69±0.01 | 0.80±0.02 |
| 20:2NMID     | 0.59±0.01 | 0.48±0.01 | 0.40±0.01 | 0.33±0.02 | 0.44±0.01 | 0.40±0.01 |
| 20:2n-6      | 0.18±0.01 | 0.19±0.00 | 0.20±0.01 | 0.21±0.02 | 0.22±0.01 | 0.20±0.01 |
| 20:3n-6      | 0.10±0.01 | 0.05±0.03 | 0.03±0.01 | 0.09±0.00 | 0.10±0.01 | 0.09±0.02 |
| 20:4n-6      | 0.82±0.01 | 0.73±0.01 | 0.79±0.02 | 0.82±0.01 | 0.80±0.01 | 0.81±0.01 |
| 20:3n-3      | 0.09±0.01 | 0.09±0.00 | 0.10±0.01 | 0.11±0.00 | 0.10±0.01 | 0.11±0.00 |
| 20:4n-3      | 0.40±0.00 | 0.41±0.01 | 0.42±0.00 | 0.44±0.00 | 0.42±0.01 | 0.42±0.00 |
| 20:5n-3      | 6.14±0.06 | 5.86±0.10 | 5.62±0.01 | 5.57±0.03 | 5.05±0.04 | 5.18±0.06 |
| 22:2n-6      | ND        | ND        | ND        | ND        | ND        | 0.13±0.12 |
| 21:5n-3      | 0.22±0.00 | 0.23±0.00 | 0.24±0.00 | 0.26±0.00 | 0.24±0.01 | 0.23±0.01 |
| 22:4n-6      | 0.19±0.01 | 0.17±0.02 | 0.17±0.00 | 0.19±0.00 | 0.19±0.01 | 0.24±0.04 |
| 22:5n-6      | 0.25±0.01 | 0.24±0.00 | 0.24±0.00 | 0.26±0.01 | 0.26±0.00 | 0.16±0.13 |
| 22:5n-3      | 1.41±0.03 | 1.38±0.03 | 1.48±0.00 | 1.60±0.02 | 1.64±0.03 | 1.58±0.03 |
| 22:6n-3      | 9.95±0.15 | 9.67±0.22 | 10.0±0.05 | 10.0±0.08 | 10.1±0.19 | 10.8±0.18 |
| ΣPolyenes    | 27.9      | 28.0      | 28.2      | 29.2      | 28.6      | 28.3      |
| Unknown      | 0.23±0.01 | 0.26±0.01 | 0.25±0.01 | 0.24±0.01 | 0.21±0.00 | 0.20±0.01 |
| DHA content  | 1685      | 1699      | 1576      | 1545      | 1436      | 1387      |
| EPA content  | 1064      | 1052      | 903.9     | 874.3     | 729.5     | 677.7     |

Table 4. The results of statistical analysis on the monthly changes in the prominent fatty acids compositions (wt %), and docosahexa-enoic acid and eicosapentaenoic acid contents (mg/100 g muscle) of chub mackerel during cultivation

| Fatty acid  | Test statistic      | P-value |
|-------------|---------------------|---------|
| 14:0        | F =80.954***        | 0.000   |
| 16:0        | $\chi^2$ =41.996*** | 0.001   |
| 16:1n-7     | $\chi^2$ =43.301*** | 0.000   |
| 18:0        | $\chi^2$ =43.192*** | 0.000   |
| 18:1n-9     | $\chi^2$ =45.020*** | 0.000   |
| 18:1n-7     | $\chi^2$ =39.709*** | 0.000   |
| 18:2n-6     | $\chi^2$ =44.687*** | 0.000   |
| 20:1n-9     | $\chi^2$ =36.392*** | 0.000   |
| 22:5n-3     | $\chi^2$ =44.059*** | 0.000   |
| 22:6n-3     | $\chi^2$ =44.417*** | 0.000   |
| DHA content | $\chi^2$ =42.992*** | 0.000   |
| EPA content | $\chi^2$ =44.065*** | 0.000   |

실험결과 등쪽 (背部)과 배쪽 (腹部) 보통육의 지질함량이 양식초기 (체중 약 13.1 kg)에 각각 약 11.0%와 39.2%였으나, 양식 약 1년 후 (체중 약 33.5 kg)에는 각각 23.0%와 55.1%를 나타내어 전자에서 약 2.1배, 후자에서 약 1.4배나 증가하였다. 반면 양식참치 등쪽과 배쪽 보통육의 수분함량은 양식초기 67.9% 및 46.7%였으나 양식 1년 후에는 각각 55.3% 및 37.7%로서 성장과정 중 지질함량과는 반대의 경향을 나타내었으나, 단백질과 회분 함량은 거의 차이가 없었다. 따라서 Nakamura et al. (2007)의 연구결과에서 양식참치의 지질함량은 양식기간과 어체의 체중에 비례하였으나 수분함량은 이와 반대의 경향을 보였으며, 이 결과는 어종은 다르지만 본 연구에서 사용한 양식고등어육에서도 유사한 경향을 나타내었다.

#### 지방산조성의 변화

양식고등어육의 TL 지방산조성 및 DHA, EPA 함량의 월별 변화를 Table 3에, 그리고 그들의 주요 지방산조성과 DHA, EPA 함량의 월별변화에 대한 통계분석 결과를 Tables 4에 나타내었다. 통계분석결과에 의하면 양식고등어육의 주요 지방산조성과 DHA, EPA 함량은 월별로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 한편 양식고등어 사료 (EP 및 MP)의 지방산조성 및 TL함량, 그리고 통계분석 (t-검정) 결과를 Tables 5에 나타내었다. EP 및 MP 사료의 지방산조성에 대한 통계분석은 고등어육의 경우처럼 주요 지방산조성을 대상으로 하였으며, 통계분석 (t-검정) 결과 18:0를 제외한 모든 주요 지방산조성과 TL 함량은 양사에서 유의한 차이가 있었다 (Table 5). 양식고등어육과 사료의 주요 지방산은 saturates 중에서 16:0, 18:0, 14:0 등이었고, monoenes 중에서는 18:1n-9, 16:1n-7, 18:1n-7 등이었으며, polyenes 중에서는 DHA, EPA, 18:2n-6 등이었다.

이들 주요 지방산은 Moon et al. (2009)이 보고한 양식산 고등어근육의 주요 지방산과 거의 일치하였고, 양식산의 특징인 18:2n-6를 제외하면 35종의 아이슬란드산 어류 (Sigurgisladdottir and Plamadottir, 1993), 11종의 호주산 어류 (Belling et al.,

Table 5. Fatty acid compositions (wt %) of diets for cultured chub mackerel<sup>1</sup> and the results of statistical analysis on the prominent fatty acids (wt %) and total lipid contents (%) of diets

| Fatty acids     | Diets           |            | Statistical analysis |         |
|-----------------|-----------------|------------|----------------------|---------|
|                 | EP              | MP         | Test statistic       | P-value |
| 14:0            | 3.30± 0.04      | 4.76± 0.16 | t=-17.677***         | 0.000   |
| 15:0            | 0.26± 0.00      | 0.41± 0.01 |                      |         |
| 16:0            | 13.6± 0.17      | 19.9± 0.15 | t=-54.693***         | 0.001   |
| 17:0 iso        | 0.17± 0.01      | 0.36± 0.01 |                      |         |
| Phytanic        | 0.54± 0.02      | 0.72± 0.02 |                      |         |
| 17:0            | 0.32± 0.01      | 0.78± 0.01 |                      |         |
| 18:0            | 2.90± 0.08      | 2.81± 0.02 | t=2.158              | 0.074   |
| 20:0            | 0.46± 0.02      | 0.15± 0.00 |                      |         |
| ΣSaturated      | 21.6            | 29.9       |                      |         |
| 16:1n-7         | 3.70± 0.06      | 5.07± 0.09 | t=-25.379***         | 0.000   |
| 16:1n-5         | 0.11± 0.00      | 0.44± 0.01 |                      |         |
| 17:1n-8         | 0.61± 0.00      | 0.48± 0.01 |                      |         |
| 18:1n-9         | 31.5± 1.63      | 9.33± 0.48 | t=26.123***          | 0.000   |
| 18:1n-7         | 2.72± 0.01      | 3.97± 0.07 | t=-121.645***        | 0.000   |
| 18:1n-5         | ND <sup>2</sup> | 0.41± 0.01 |                      |         |
| 20:1n-9         | 1.29± 0.05      | 2.56± 0.04 | t=-42.907***         | 0.000   |
| 20:1n-7         | 0.12± 0.00      | 0.21± 0.03 |                      |         |
| 22:1n-9         | 0.41± 0.01      | 2.81± 0.04 | t=-102.583***        | 0.000   |
| ΣMonoenes       | 40.5            | 25.3       |                      |         |
| 17:2n-8         | ND              | 0.40± 0.01 |                      |         |
| 18:2n-6         | 19.0± 0.26      | 2.31± 0.04 | t=126.361***         | 0.000   |
| 18:3n-3         | 4.51± 0.08      | 1.58± 0.03 | t=30.569***          | 0.000   |
| 18:4n-3         | 1.16± 0.01      | 3.27± 0.02 |                      |         |
| 20:2n-6         | 0.12± 0.00      | 0.17± 0.00 |                      |         |
| 20:4n-6         | 0.47± 0.01      | 0.65± 0.02 |                      |         |
| 20:3n-3         | ND              | 0.33± 0.21 |                      |         |
| 20:4n-3         | 0.41± 0.01      | 0.66± 0.01 |                      |         |
| 20:5n-3         | 7.28± 0.11      | 14.8± 0.31 | t=-45.894***         | 0.000   |
| 21:5n-3         | 0.32± 0.03      | 0.48± 0.05 |                      |         |
| 22:4n-6         | 0.16± 0.03      | 0.29± 0.06 |                      |         |
| 22:5n-6         | 0.26± 0.04      | 0.27± 0.11 |                      |         |
| 22:5n-3         | 1.27± 0.23      | 1.24± 0.17 |                      |         |
| 22:6n-3         | 5.25± 1.42      | 18.7± 0.27 | t=-18.587***         | 0.000   |
| ΣPolyenes       | 40.2            | 45.1       |                      |         |
| Total lipid (%) | 6.66± 0.44      | 4.7± 0.28  | t=-9.124***          | 0.000   |

<sup>1</sup>Data are expressed as mean±SD of four determinations (two groups×two determinations).

<sup>2</sup>ND, not detected.

1997), 72종의 한국산 어류 (Jeong et al., 1998a)의 경우와도 유사하였다. 일반적으로 양식산 어류의 지질조성은 사료지질의 영향을 크게 받는다. 본 연구에서도 양식고등어육에서 18:2n-6가 주요지방산의 하나로 발견되고 있으며, 이러한 결과는 본 연구에서 뿐만 아니라 양식산 은어 (Jeong et al., 2000), 민어 (Yoon et al., 2006), 연어 (Megdal et al., 2009) 등에서도 유사한 경향을 나타내었다. 본 연구에서 사용된 사료, 특히 EP 사료에서 18:2n-6의 조성비가 약 19.0%로 총지방산 중 18:1n-9 (31.5%) 다음으로 조성비가 높은 지방산이 함유되어

있었으며 (Table 5), 이는 사료 제조시 18:2n-6 조성비가 높은 식물유를 사용했기 때문으로 추정된다.

양식고등어육의 지방산조성을 그룹별로 비교하면, 양식초기인 2007년 10월에는 polyenes과 saturates의 조성비가 각각 36.2%와 35.7%로 monoenes 조성비 (27.9%)보다 약 8%나 높았다. 그러나 이들 조성비는 양식초기 3개월 동안은 polyenes과 saturates의 조성비가 감소하고 monoenes 조성비는 증가하는 경향을 나타내었다. 즉 monoenes 조성비는 양식초기부터 계속 증가하여 2008년 1월 (양식 3개월째)에 정점인 약 45.6%를 나타낸 후 3월까지 약간 감소하는 경향을 보이다가 4월부터는 약 44% 수준을 계속 유지하였다. Monoenes 중에서 조성비가 가장 크게 변화한 주요 지방산은 18:1n-9로서 양식 3개월동안 약 16%나 증가하였다. 이와는 반대로 polyenes과 saturates 조성비는 입식 후 양식 3개월째 (2008년 1월)까지 계속 감소하여 양자 모두 연중 가장 낮은 조성비 (각각 28.2%, 26.0%)를 나타내었다. 양식초기 3개월 동안 polyenes 조성비의 변화는 DHA, EPA, 18:2n-6 등의 지방산이 가장 크게 영향을 미쳤다. 즉, DHA와 EPA의 조성비는 양식초기 3개월 동안 각각 약 8.9% 및 3.0% 감소하였고, 18:2n-6는 약 5.3% 증가하였으나, DHA와 EPA의 감소폭이 더 컸기 때문에 결국 전체 polyenes 조성비가 감소하는 결과를 나타냈다. 또한 양식초기 3개월 동안 saturates 조성비의 감소에 영향을 미친 주요 지방산은 16:0 및 18:0로서 각각 약 3.8% 및 1.9%가 감소하였다. 그러나 이들 주요 지방산 조성비는 2008년 2월부터 양식 종료시점인 9월까지 거의 일정하였기 때문에 polyenes과 saturates 조성비도 각각 27.9-29.2% (평균 28.5%), 26.5-30.4% (평균 27.7%)의 범위로서 거의 일정한 수준을 유지하였다. 한편 양식 5개월째인 2008년 3월산의 양식고등어육은 일시적으로 18:1n-9 및 18:2n-6의 조성비가 상당히 감소하고 DHA의 조성비는 증가하는 경향을 나타내었다. 이 결과는 사료의 영향으로 보이며, 특히 EP 사료보다 18:1n-9 및 18:2n-6의 조성비가 낮고 DHA 및 EPA의 조성비가 높은 MP 사료가 많이 이용된 때문이라 생각된다 (Table 5).

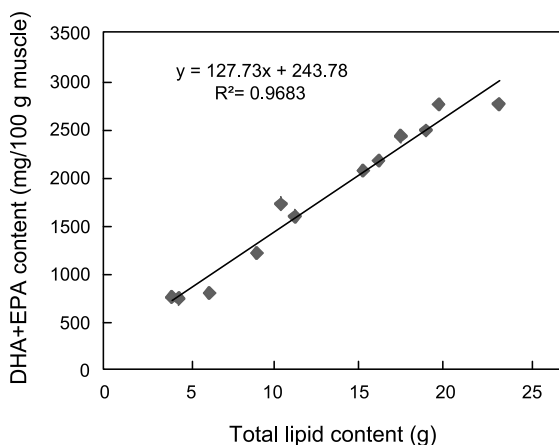


Fig. 1. Correlation between lipid and docosahexaenoic acid (DHA) + eicosapentaenoic acid (EPA) contents of cultured chub mackerel muscle.

또한 본 연구에서 n-3 PUFA인 DHA 및 EPA의 함량 (Table 3)과 TL 함량의 변화를 Fig. 1에 나타내었다. 양식초기 (2007년 10월)에 고등어육의 DHA 및 EPA의 함량은 각각 495.5 및 245.4 mg/100 g으로 연중 최저치를 나타내었다. 그러나 이들 n-3 PUFA 함량은 양식과정 중 계속 증가하여 양식 6-7개월째인 2008년 4-5월에는 DHA, EPA 함량이 양식초기에 비하여 3-4배나 증가한 1685.5-1699.4 mg/100 g, 1064.0-1051.7 mg/100 g을 각각 나타내었으며, 이 값은 연중 가장 높은 함량에 해당되었으나 이 후부터는 양자 모두 감소하는 경향이였다. 특히 2008년 5월부터 6월까지 1개월 동안은 DHA, EPA 함량이 연중 가장 크게 감소한 시기로서 각각 약 123 mg/100 g, 148 mg/100 g이나 감소하였고, 이후 지속적인 감소경향을 보여 양식 종료시점에는 각각 약 1387 mg/100 g 및 678 mg/100 g을 나타내었다. 고등어 양식과정 중 이들 DHA+EPA 함량은 TL 함량과 양의 상관관계를 나타내었다 ( $y=127.73x + 243.78$ ,  $R^2=0.9683$ ). 따라서 본 연구에서 양식고등어육의 TL 함량이 최고수준에 달한 시기 (4월 18.3%, 5월 21.6%)에 DHA와 EPA 함량도 연중 최고수준에 도달하였다. 그리고 양식고등어육의 TL 함량과 DHA 및 EPA 함량이 연중 가장 급격하게 변한 시기는 2008년 3월부터 4월, 그리고 5월부터 6월 사이였다. 즉 2008년 3월부터 4월 사이에는 TL과 DHA, EPA 함량 모두가 약 2배 이상이나 증가하는 시기였고, 5월부터 6월 사이에는 이들 함량이 급격하게 감소하는 시기에 해당하였다. 한편 본 연구과정 중 양식고등어의 근육채취과정에서 정소와 난소가 2008년 5월부터 일부 어체에서 미성숙상태로 보이는 생식소가 소량 발견되었으나, 6월과 7월에는 성숙상태로 보이는 생식소가 20마리 중 15마리 (난소 3마리, 정소 12마리)에서 발견되어 이 시기가 산란기로 판단되었다 (NFRDI, 1994). 따라서 양식고등어육의 TL이 2008년 3월부터 4월 사이에 급격히 증가하여 5월에 최고치에 도달한 것은 산란 전 생식소의 발달에 필요한 TL을 근육에 최대한 축적하기 위한 것으로 보이며, 5월부터 6월 사이에 근육 중 TL이 급격하게 감소한 것은 생식소의 성숙을 위해 상당량의 근육 TL이 생식소로 이동했기 때문으로 생각된다 (Jeong et al., 1998b).

본 연구와 유사한 연구로서, Moon et al. (2009)은 3월산 양식고등어 (대형어 및 소형어; 체중 약 539 g 및 390 g) 근육에 DHA가 1,633-1,672 mg/100 g, EPA가 939-1,039 mg/100 g 함유되어 있었다고 보고하였다. 이들 n-3 PUFA 함량은 본 연구에 이용된 양식고등어 중 2008년 3월산 양식고등어 (DHA 약 1,153 mg/100 g, EPA 약 566 mg/100 g)의 경우보다는 높았고, 4-5월산 양식고등어 (DHA 약 1,686-1,699 mg/100 g, EPA 약 1,052-1,064 mg/100 g)의 경우와는 유사하였다. 따라서 양자의 연구에서 DHA, EPA 등 n-3 PUFA 함량의 차이는 채취시기 또는 크기보다는 TL 함량의 차이가 더 많은 영향을 미친 것으로 생각된다. 실제 본 연구에서 3월산 양식고등어는 Moon et al. (2009)의 연구에서 사용된 양식고등어 (3월산)에 비하여 크기도 작았지만 TL 함량이 약 1/2 수준에 불과하였다. 그러나 본 연구의 4-5월산 양식 고등어는 Moon et al. (2009)의 연구에서 사용된 소형 (체중 약 390 g) 및 대형 (약 539 g) 양식고등어

에 비하여 크기는 물론 약 100-270 g이나 작았으나 TL 함량이 양자에서 유사하였기 때문에 n-3 PUFA 함량도 거의 같은 수준으로 나타났다. 이들 결과는 전술한 바와 같이 양식고등어에서 n-3 PUFA 함량은 TL 함량과 양의 상관관계를 나타내기 때문이라 생각된다.

고등어와 같은 어류가 소비자들로부터 건강식품으로서 크게 각광을 받고 있는 이유는 이들 어류가 전술한 바와 같이 다양한 생리기능을 갖는 DHA, EPA 등 n-3 PUFA의 우수한 공급원이기 때문이다 (Duttaroy, 2006). 우리나라에서 천연산 고등어는 주로 대형선망어업에 의하여 약 88%가 어획되고 있고, 이 중 99.9%가 선어의 형태로 판매되고 있다. 그리고 2008년도 대형선망어업에 의한 고등어의 월별 생산량을 보면, 4-6월에 가장 낮았고 특히 5월에는 297 M/T에 불과하였으며, 8월부터는 생산량이 점차 증가하여 이듬해 1월까지 6개월 동안에 연간 생산량의 약 93%를 생산하였다 (KOSIS, 2010). 이 결과를 보면 천연산 고등어는 매년 4-6월에 공급량이 가장 부족한 시기에 해당된다. 그러나 양식산 고등어는 연중 생산이 가능하므로 천연산 고등어 생산량이 부족한 시기에 대체자원으로서 활용이 가능하다고 생각된다. 하지만 현재의 양식산 고등어 생산량 (2009년도 249 M/T)으로는 천연산 고등어의 대체자원으로서 한계가 있기 때문에 양식생산량을 더욱 증가시킬 필요가 있다고 본다.

본 연구는 양식고등어의 일반성분 및 지방산 조성을 월별로 상세하게 분석하여 소비자들에게 제공함으로써 국민생선으로도 불리고 있는 고등어, 특히 양식고등어도 DHA, EPA 등 생체조절기능성분의 우수한 자원임을 확인하는 계기가 될 것으로 생각된다.

### 참고문헌

- 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.S.A., 137-206.
- Ackman RG. 1989. Nutritional composition of fats in seafoods. Prog Food Nutr Sci 13, 161-241.
- AOAC. 1995. Official methods of analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, U.S.A., 69-74.
- 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.
- Bae JH, Yoon SH and Lim SY. 2010. A comparison of the biochemical characteristics of different anatomical regions of chub (*Scomber japonicus*) and blue mackerel (*Scomber australasicus*) muscles. Kor J Fish Aquat Sci 43, 6-11.
- Belling GB, Abbey M, Campbell JH and Campbell GR. 1997. Lipid content and fatty acid composition of 11 species of Queensland (Australia) fish. Lipids 32, 621-625.
- Bligh EG and Dyer WJ. 1959. A rapid method of lipid extraction and purification. Can J Biochem Physiol 37, 911-917.
- Celik M. 2008. Seasonal changes in the proximate chemical compositions and fatty acids of chub mackerel (*Scomber japonicus*) and horse mackerel (*Trachurus trachurus*) from the north eastern Mediterranean Sea. International Journal of Food Science and Technology 43, 933-938.
- Duttaroy AK. 2006. Healthy fats. Nature 444, 425.
- Hirayama T. 1990. Life-style and mortality: A large-scale census-based cohort study in Japan. Contributions to Epidemiology and Biostatistics 6, 1-133.
- Jeong BY, Choi BD and Lee JS. 1998b. Proximate composition, cholesterol and  $\alpha$ -tocopherol content in 72 species of Korean fish. J Korean Fish Soc 31, 160-167.
- Jeong BY, Choi BD and Lee JS. 1998c. Seasonal variation in proximate composition, cholesterol and  $\alpha$ -tocopherol content in 12 species of Korean fish. J Korean Fish Soc 707-712.
- Jeong BY, Choi BD, Moon SK and Lee JS. 1998a. Fatty acid composition of 72 species of Korean fish. J Fish Sc. Technol 1, 129-146.
- Jeong BY, Moon SK, Choi BD and Lee JS. 1999. Seasonal variation in lipid class and fatty acid composition of 12 species of Korean fish. J Korean Fish Soc 32, 30-36.
- Jeong BY, Moon SK, Jeong WG and Ohshima T. 2000. Lipid classes and fatty acid compositions of wild and cultured sweet smelt *Plecoglossus altivelis* muscles and eggs in Korea. Fish Sci 66, 716-724.
- Jeong BY, Moon SK, Jeong WG and Ohshima T. 2000. Lipid classes and fatty acid compositions of wild and cultured sweet smelt *Plecoglossus altivelis* muscles and eggs in Korea. Fish Sci 66, 716-724.
- KOSIS. 2010. www.kosis.kr
- Lee KH, Jeong IH, Suh JS, Jung WJ, Kim CG and Lee BH. 1986. Utilization of polyunsaturated lipids in red muscled fishes 1. Lipid composition and seasonal variation in fatty acid composition of body oil and lipids from different sections of sardine and mackerel. Buu. Korean Fish Soc 19, 423-435.
- Megdal PA, Craft NA and Handelman GJ. 2009. A simplified method to distinguish farmed (*Salmo salar*) from wild salmon: fatty acid ratios versus astaxanthin chiral isomers. Lipids 44, 569-576.



- Moon SK, Choi BD and Jeong BY. 2000. Comparison of lipid classes and fatty acid compositions among eight species of wild and cultured seawater fishes. *J Fish Sci Tech* 3, 118-125.
- Moon SK, Hong SN, Kim IS and Jeong BY. 2009. Comparative analysis of proximate compositions and lipid component in cultured and wild mackerel *Scomber japonicus* muscles. *Kor J Fish Aquat Sci* 42, 411-416.
- 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.
- Nakamura Y, Ando M, Seoka M, Kawasaki K, Tsukamasa Y. 2007. Changes of proximate and fatty acid compositions of the dorsal and ventral ordinary muscles of the full-cycle cultured Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis* with the growth. *Food Chemistry* 103, 234-241.
- NFRDI. 1994. Commercial Fishes of the Coastal and Offshore Waters on Korea. Yemunsa, Busan, Korea, 152-153.
- Shindo K, Tsuchiya T and Matsumoto J. 1986. Histological study on white and dark muscles of various fishes. *Nippon Suisan Gakkaishi* 52, 1377-1399.
- Sigurgisladdottir, S. and H. Palmadottir. 1993. Fatty acid composition of thirty-five Icelandic fish species. *JAOCS* 70, 1081-1087.
- Yoon HS, Seo DC, An YK and Choi SD. 2006. Seasonal changes of body composition and elasticity between wild and cultured brown croaker, *Miichthys miiuy*. *Korean J Environ Bio* 24, 179-185.

---

2010년 10월 21일 접수  
 2010년 11월 6일 수정  
 2010년 12월 3일 수리