

## 양어사료용 어유의 품질평가 기준설정을 위한 기초연구

최세민 · 김재원 · 한경민 · 이승형 · 배승철\*

부경대학교 양식학과/사료영양연구소

### Preliminary Studies on Establishment of Criteria to Evaluate the Quality of Fish Oil Used in Aquatic Feed

Se-Min Choi, Jae-Won Kim, Kyong-Min Han, Seung-Hyung Lee and Sungchul C. Bai

Department of Aquaculture/Feeds & Foods Nutrition Research Center, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

In the fish oil forced oxidized at 60 °C for 10 days, changes in the levels of peroxide (POV), anisidine (AnV), total oxidation (Totox), iodine (IV), acid (AV) and fatty acids composition were measured. The levels of POV, AnV and Totox remained unchanged or decreased after reaching the maximum. The concentrations of polyunsaturated fatty acids (PUFA) such as Docosa hexaenoic acid (DHA) or Eicosa pentaenoic acid (EPA) decreased with extended oxidation of fish oil. In saturated fatty acids (SFA) like C16:0, their concentration increased with decreasing PUFA. The ratios of PUFA/SFA and DHA/C16:0 decreased with extended oxidation of fish oil. Using a single parameter of POV, AnV, Totox, AV, IV, or fatty acids for evaluation of the quality of fish oil may prove difficult. Besides other parameters, the ratios of PUFA/SFA and/or DHA/C16:0 could be a good index to evaluate the quality of fish oil.

**Keywords:** Fish oil, POV, AnV, Fatty acid, PUFA/SFA

#### 서 론

오늘날 양어사료는 대략 어류 생산경비의 50~70%를 차지하고 있기때문에 양식산업의 생산성 및 경제성 향상을 위한 중요한 열쇠가 되고 있다(Bai, 1996). 특히, 양어사료에 있어서 어유(fish oil)는 가장 중요한 사료원 중의 하나이다. 어유는 값비싼 단백질 대체하기 위한 에너지원으로 그 역할을 하며, 특히 DHA와 EPA를 비롯한 높은 필수지방산은 콜레스테롤 저하작용, 면역기능 등 생체내 신진대사를 조절하는 역할을 하기 때문에 해산어 어류에 있어서 필수적인 영양소이다(NRC, 1993). 해산어에 있어서 조피볼락은 사료내 고도불포화지방산을 0.9%이상 요구하며(Lee et al., 1993), 방어는 EPA와 DHA로 2%이상(Deshimaru and Kuroki, 1983), 터봇(Turbot)은 EPA와 DHA로 0.8%이상(Gatescoupe et al., 1977) 요구하는 것으로 보고되고 있다. 따라서, 어유는 양어사료를 제작하는데 있어 DHA와 EPA 등 필수지방산을 공급하는 중요한 역할을 하고 있다. 하지만, 어유내 함유된 필수지방산은 대부분 불포화지방산의 형태로 되어 있으며, 이것은 온도, 산소, 광선 등으로 인해 쉽게 산화될 수 있다. 또한 산화에 의해 형성된 산화물들은 free radical을 형성하여 체내에 유해한 영향을 미친다(Vinter, 1995). 특히, 어유가 공기와의 불포화지방산의 파괴, 어유의 포장과 운반시에 발생될

수 있는 불포화지방산 산패에 의한 과산화지질 및 알데히드 형성 등의 문제점들은 어류의 체내에서 독성을 나타내기 때문에 심할 경우 양식어류의 폐사가 일어날 수 있다고 보고된바 있다(Lee, 1993; Roald, 1981; Smith, 1979). 이러한 이유로, 외국의 경우 어유에 대한 철저한 품질평가 및 관리가 이루어지고 있으며, 어유에 대한 품질평가의 경우에도 과산화물가(Peroxide value, POV), 산가(Acid value, AV), 요오드가(Iodine Value, IV)외에 아니시딘값(Anisidine value, AnV), 총산화물가(Total oxidation value, 썩셈), 불포화지방산 등에 대한 규정을 마련하고 있다(IUPAC, 1987). 그러나, 국내의 경우 농림부에서 어유에 대한 규정을 식물성유지와 마찬가지로 단지 산가로만 규제 하고 있기 때문에 양어사료에 주로 이용되고 있는 어유의 특성을 고려하여 품질평가 및 관리를 하고 있지 않는 실정이다.

따라서, 본 연구는 국내 양어사료에서 이용되고 있는 어유의 품질을 평가하는데 있어 어떠한 분석 항목이 중요한지 확인하여 양어용 사료의 질적 개선을 위한 기초자료를 마련하는데 그 목적이 있다.

#### 재료 및 방법

##### 실험재료

본 실험에서는 국내 양어사료에서 판매 이용되고 있는 E사

\*Corresponding author: scbai@pknu.ac.kr

**Table 1.** Composition and quality of fish oil manufactured by E company<sup>1</sup>

Composition		Quality	
3-HUFA	26.0% Min.	Acid value	0.5 KOH mg/g Max.
Vitamin E	50 mg/100g Min.	Peroxide value	3.0 meq/kg Max.
Vitamin A	4000 IU/g Min.	Unsaponifiable matter	5% Max.
Vitamin D3	200 IU/g Min.		

<sup>1</sup>claimed by the producer

어유를 이용하였으며, 성분규격은 Table 1에 나타내었다. 어유 10 g을 정확하게 칭량한 후, petri dish(직경 8 cm)에 담은 뒤, 강제 순환식 정밀건조기에 넣고 60°C에 맞추어 0일부터 10일 까지 매일 3반복으로 시료를 채취하여 실험에 이용하였다.

### 과산화물가(Peroxide value, POV)

POV는 AOAC (2000) 방법에 따라, 어유 1 g을 250 ml 삼각 플라스크에 취하고 클로르포름-아세트산(2:3, v/v) 용액 30 ml와 함께 교반하여 용해 시킨다음, 포화 요오드칼륨 용액을 0.5 ml 첨가하여 마개를 하고 1분간 심하게 흔들어 준다. 1분 후에 증류수 30 ml를 첨가, 교반한다음 1% 전분용액 1 ml를 첨가하고 0.01 N 황산티오나트륨용액으로 청남색이 무색으로 변할 때까지 적정하여 측정하였다.

### 아니시딘값(Anisidine value, AnV)

유지의 산패가 진행되면 알데하이드의 양이 증가하게 되며 아세트산 존재하에서 p-anisidine은 알데하이드와 반응하여 황색의 복합체를 형성하는데, 이를 UV-VIS spectrophotometer로 350 nm에서 흡광도 수치를 산출하는 IUPAC (1987)방법에 따라 AnV를 측정하였다.

### 총산화물가(Total oxidation value, Totox)

IUPAC (International union pure and applied chemistry)에서는 유지에 함유된 산화물의 총량을 구하기 위해 Totox를 규정하였으며 2×POV에 AnV를 더하여 그 값을 산출하였다.

### 요오드값(Iodine value, IV)

유지에 함유된 불포화지방산함량이 많을수록 염화요오드와 반응하는 양이 증가하는데 그 수치를 산출하는 AOAC (2000) 방법에 따라 IV를 측정하였다.

### 산가(Acid value, AV)

유지는 보존중에 열, 빛에 의해 산패가 되며 산패가 진행된 유지에서는 유리지방산이 생성되는데, 이를 중화시키는데 필요한 KOH의 양을 측정하여 수치를 산출하는 AOAC (2000)의 방법에 따라 AV를 측정하였다.

### 지방산 분석

어유의 지방산은 AOAC (2000)에 따라 GC (Gas Chromatography;

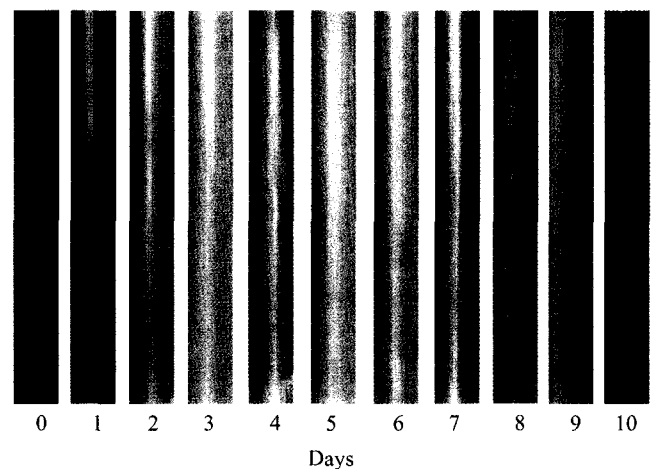
Thermo finnigan trace GC, 미국)를 이용하여 분석하였다.

### 통계처리

모든 자료의 통계처리는 Computer Program Statistix 3.1 (Analytical Software, St. Paul MN, USA)로 분산분석(ANOVA test)을 실시하여 최소유의차검정(LSD: Least Significant Difference)으로 평균간의 유의성(P<0.05)을 검정하였다.

## 결 과

일별 산화 정도를 육안으로 관찰한 것을 Fig. 1에 나타내었다. 산화되지 않은 0일째 어유는 황토색을 띠었으며, 산화 2일째부터 연한 노란색으로 변하기 시작한 것은 7일째까지 유지되었다. 산화 8일째부터 진한 노란색을 띠기 시작했으며, 10일째에는 매우 진한 노란색을 나타내었다. 또한 어유의 물리적인 성상은 산화 5일째부터 겔화가 시작되었으며, 7일째부터는 완전히 겔화 상태가 되었다. 어유의 과산화지질(Peroxide value, POV)은 Fig. 2에 나타내었다. 실험시작시 0일째 어유는 3 meq/kg였으며, 산화가 시작되면서 직선적으로 상승하여 2일째에 113 meq/kg을 나타내었다. 이때부터 급격하게 상승하게 되어 5일째에 672 meq/kg로 최대값을 나타내었으며, 점차 감소하여 7일째에 415 meq/kg으로 나타났으며, 그 이후 450~480 meq/kg으로 유지되었다. 어유의 아니시딘값(Anisidine value, AnV)은 Fig. 3에 나타내었다. 0일째 어유는 32 meq/kg였으며, 산화가



**Fig. 1.** Change of color of fish oil versus the time in days of their oxidation process.

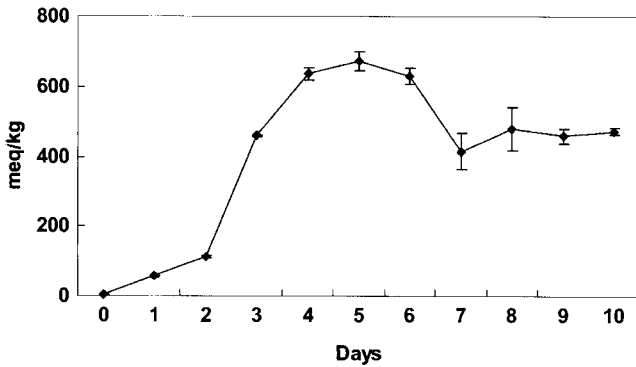


Fig. 2. Change of peroxide value of fish oil versus time (days).

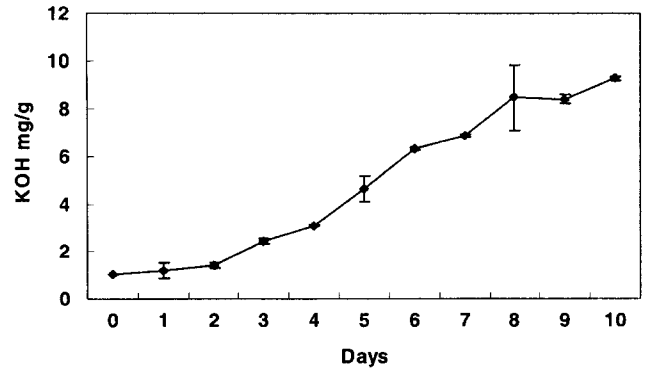


Fig. 5. Change of Acid value of fish oil versus time (days).

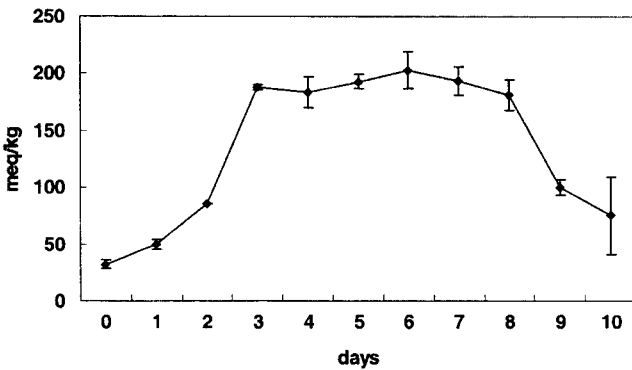


Fig. 3. Change of anisidine value of fish oil versus time (days).

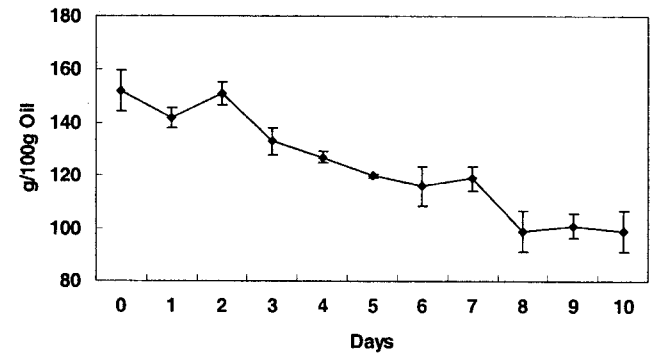


Fig. 6. Change of iodine value of fish oil versus time (days).

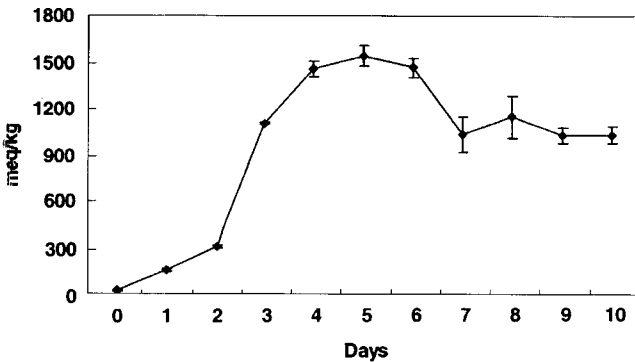


Fig. 4. Change of totox value of fish oil versus time (days).

시작하면서 직선적으로 상승하여 2일째에 86 meq/kg을 나타내었다. 이때부터 급격하게 상승하여 3일째에 188 meq/kg을 나타냈으며, 6일째에 203 meq/kg으로 최대값을 나타내었고, 8일째까지 181 meq/kg으로 유지하였다. 하지만, 9일째부터는 점차 감소하여 100 meq/kg로 나타났으며, 10일째에 75 meq/kg가 나타났다. 어유의 총산화물가(Total oxidation value, Totox) 값은 Fig. 4에 나타내었다. 0일째 어유는 38 meq/kg였으며, 산화가 시작하면서 직선적으로 상승하여 2일째에 312 meq/kg을 나타내었다. 이때부터 급격하게 상승하여, 5일째에 1537 meq/kg으로 최대값을 나타내었다. 7일째에 1024 meq/kg을 나타낸후 10일째까지 1021~1139 meq/kg을 유지하였다. 어유의 산가(Acid value, AV)는 Fig. 5에 나타내었다. 0일째 어유는 1.04 KOH

mg/g였으며, 실험기간동안 산화가 시작하면서 직선적으로 상승하여 10일째에 9.28 KOH mg/g을 나타내었다. 어유의 요오드가(Iodine value, IV)는 Fig. 6에 나타내었다. 0일째 어유는 152 g/100g oil이었으며, 실험기간동안 산화가 시작되면서 감소하여 10일째에 99 g/100g oil을 나타내었다. 어유의 지방산의 변화는 Table 2에 나타내었다. 포화지방산(Saturated fatty acid, SFA)인 C14:0, C16:0, C18:0과 이중결합을 하나 가지는 불포화지방산(monoene)인 C16:1, C18:1, C20:1은 산화가 진행됨에 따라 그 함량이 증가하는 경향을 나타 내었다. 하지만, 다불포화지방산(Poly unsaturated fatty acid, PUFA)인 C18:2, C18:3, C20:3, C20:5, C22:6은 산화가 진행함에 따라 감소하는 경향을 나타내었으며, 특히 DHA인 C22:6은 0일째 19.16%에서 10일째 3.75%로, EPA인 C20:5은 0일째 13.37%에서 10일째 2.02%로 급격하게 감소하였다. 그리고 어유의 질을 나타내는 PUPA/SFA는 어유 0일째에 1.55에서 산화 시작된 뒤 10일째에는 0.22로 급격하게 감소하였으며, DHA와 C16:0의 비율도 마찬가지로 어유 0일째 1.21에서 산화 시작된뒤 10일째에 0.14로 감소하였다.

### 고찰

지방은 일차적으로 자동산화에 의해 과산화지질 함량이 증가하게 되며, 맛과 풍미가 없으며, 이차적으로 산화에 의한 중합체, 예를 들어 알데하이드와 케톤 등이 증가하게 된다

**Table 2.** Changes of fatty acid composition of total lipid versus time (days) (%)<sup>1</sup>

Fatty acids	Days of heating at 60°C										Plood SEM <sup>2</sup>	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		10
14:0	5.20 <sup>de</sup>	5.09 <sup>e</sup>	5.96 <sup>cd</sup>	7.69 <sup>abc</sup>	7.08 <sup>abc</sup>	7.53 <sup>bc</sup>	7.82 <sup>abc</sup>	8.05 <sup>ab</sup>	9.44 <sup>a</sup>	10.61 <sup>a</sup>	9.05 <sup>a</sup>	0.36
16:0	15.90 <sup>e</sup>	15.93 <sup>e</sup>	17.14 <sup>e</sup>	20.30 <sup>d</sup>	20.36 <sup>d</sup>	22.40 <sup>e</sup>	23.29 <sup>bc</sup>	24.40 <sup>b</sup>	26.47 <sup>a</sup>	28.05 <sup>a</sup>	26.66 <sup>a</sup>	0.88
18:0	3.22 <sup>e</sup>	3.15 <sup>e</sup>	3.17 <sup>e</sup>	3.46 <sup>de</sup>	3.72 <sup>d</sup>	4.12 <sup>c</sup>	4.30 <sup>bc</sup>	4.62 <sup>ab</sup>	4.73 <sup>a</sup>	4.75 <sup>a</sup>	4.90 <sup>a</sup>	0.15
SFA	24.32 <sup>d</sup>	25.17 <sup>d</sup>	26.27 <sup>d</sup>	28.45 <sup>c</sup>	31.16 <sup>c</sup>	34.05 <sup>bc</sup>	35.41 <sup>b</sup>	37.07 <sup>b</sup>	40.64 <sup>a</sup>	43.41 <sup>a</sup>	40.61 <sup>a</sup>	1.35
16:1	5.49 <sup>e</sup>	5.59 <sup>e</sup>	5.77 <sup>e</sup>	6.04 <sup>de</sup>	6.49 <sup>bcd</sup>	6.95 <sup>abc</sup>	7.50 <sup>ab</sup>	8.04 <sup>a</sup>	7.97 <sup>a</sup>	8.38 <sup>a</sup>	7.84 <sup>a</sup>	0.24
18:1	20.54 <sup>g</sup>	20.97 <sup>fg</sup>	21.48 <sup>ef</sup>	21.78 <sup>e</sup>	24.75 <sup>d</sup>	26.15 <sup>c</sup>	27.86 <sup>b</sup>	29.37 <sup>a</sup>	29.75 <sup>a</sup>	27.14 <sup>b</sup>	30.40 <sup>a</sup>	0.85
20:1	4.16 <sup>b</sup>	4.33 <sup>b</sup>	4.24 <sup>b</sup>	4.48 <sup>b</sup>	5.12 <sup>ab</sup>	5.48 <sup>ab</sup>	5.66 <sup>a</sup>	5.48 <sup>ab</sup>	5.75 <sup>a</sup>	5.90 <sup>a</sup>	6.39 <sup>a</sup>	0.17
Monoene	30.19 <sup>f</sup>	30.89 <sup>f</sup>	31.49 <sup>ef</sup>	32.30 <sup>e</sup>	36.36 <sup>d</sup>	38.58 <sup>c</sup>	41.02 <sup>b</sup>	42.89 <sup>a</sup>	43.47 <sup>a</sup>	41.42 <sup>b</sup>	44.63 <sup>a</sup>	1.22
18:2	3.12 <sup>a</sup>	2.79 <sup>ab</sup>	2.82 <sup>ab</sup>	2.64 <sup>cd</sup>	2.91 <sup>ab</sup>	2.38 <sup>d</sup>	2.80 <sup>ab</sup>	2.68 <sup>cd</sup>	2.35 <sup>d</sup>	2.28 <sup>d</sup>	2.26 <sup>d</sup>	0.06
18:3	1.86 <sup>a</sup>	1.73 <sup>ab</sup>	1.81 <sup>a</sup>	1.54 <sup>bcd</sup>	1.66 <sup>abc</sup>	1.45 <sup>cd</sup>	1.30 <sup>de</sup>	1.13 <sup>e</sup>	0.87 <sup>f</sup>	0.81 <sup>f</sup>	0.80 <sup>f</sup>	0.08
20:3	0.11 <sup>a</sup>	0.11 <sup>a</sup>	0.11 <sup>ab</sup>	0.08 <sup>abc</sup>	0.00 <sup>d</sup>	0.07 <sup>c</sup>	0.05 <sup>c</sup>	0.02 <sup>d</sup>	0.00 <sup>d</sup>	0.00 <sup>d</sup>	0.00 <sup>d</sup>	0.01
20:5	13.37 <sup>a</sup>	13.35 <sup>a</sup>	13.02 <sup>a</sup>	9.71 <sup>b</sup>	8.99 <sup>b</sup>	7.07 <sup>c</sup>	5.36 <sup>d</sup>	3.91 <sup>e</sup>	2.34 <sup>f</sup>	2.02 <sup>f</sup>	2.02 <sup>f</sup>	0.96
22:6	19.16 <sup>a</sup>	19.05 <sup>a</sup>	17.12 <sup>b</sup>	14.66 <sup>c</sup>	11.40 <sup>d</sup>	8.83 <sup>e</sup>	6.67 <sup>f</sup>	5.32 <sup>g</sup>	3.85 <sup>h</sup>	3.46 <sup>h</sup>	3.75 <sup>h</sup>	1.37
Polyene	37.62 <sup>a</sup>	37.03 <sup>ab</sup>	34.88 <sup>b</sup>	28.62 <sup>c</sup>	24.96 <sup>d</sup>	19.8 <sup>e</sup>	16.18 <sup>f</sup>	13.06 <sup>g</sup>	9.41 <sup>h</sup>	8.57 <sup>i</sup>	8.83 <sup>i</sup>	2.44
PUFA/SFA	1.55 <sup>a</sup>	1.53 <sup>a</sup>	1.33 <sup>b</sup>	1.01 <sup>c</sup>	0.80 <sup>c</sup>	0.58 <sup>d</sup>	0.46 <sup>de</sup>	0.35 <sup>ef</sup>	0.23 <sup>f</sup>	0.20 <sup>f</sup>	0.22 <sup>f</sup>	0.12
DHA/C16:0	1.21 <sup>a</sup>	1.20 <sup>a</sup>	1.00 <sup>b</sup>	0.72 <sup>c</sup>	0.56 <sup>d</sup>	0.39 <sup>e</sup>	0.29 <sup>ef</sup>	0.22 <sup>f</sup>	0.15 <sup>f</sup>	0.12 <sup>f</sup>	0.14 <sup>f</sup>	0.10

<sup>1</sup>Values are means of triplicate groups, and values in the same row with different superscripts are significantly different (P<0.05).

<sup>2</sup>Pooled standard error of mean.

(Gordon, 1991). 지방의 과산화반응 초기단계에 생성되는 과산화지질과 이차적 산화에 의한 알데하이드와 케톤체가 과량 생성될 경우 간의 괴사와 세로이드 등이 생성 되어 동물의 성장을 감소시키거나 폐사에 이른다라는 결과가 넘치(Lee, 1993), 대서양 연어(Roald et al., 1981), 무지개 송어(Smith, 1979) 등의 어종에서 보고되고 있다. 이러한 지방의 품질평가는 그동안 POV, AV, IV 등이 이용되어져 왔으며, 특히 POV는 일차적 산화에 의해 생성되는 과산화지질의 함량을 측정하는 것으로 산화가 최고조에 오르게 되면 감소하는 경향이 나타나는 단점으로 인해 최근들어 이차적 산화과정에서 발생하는 비휘발성 알데하이드 값을 측정하는 AnV와 산화물의 총량을 나타내는 Totox의 측정이 필요함이 대두되고 있다(IUPAC, 1987). 또한 AnV와 Totox도 산화가 시작되면 급속하게 증가한다는 보고가 있다(Vinter, 1995). 본 실험은 어유를 인위적으로 60°C의 조건 하에서 일별 산화정도를 관찰하였으며, Fig. 2, 3, 4에서와 같이 POV, AnV, Totox는 산화시간이 증가함에 따라 그 수치가 증가하여 POV는 5일째에 672 meq/kg로 최대값을 나타내었으며, AnV는 6일째에 203 meq/kg, Totox는 5일째에 1537 meq/kg으로 최대값을 나타내다가 그 이후, 감소하거나 불안정한 경향을 보였다. Smith (1995)는 어유의 산화가 시작되면 POV, AnV, Totox가 증가한다고 보고하였다. 하지만 단지 산화초기 반응에서의 POV, AnV, Totox의 수치만 확인하였을 뿐, 각각의 최대치 이후의 값은 나타내지 않았다. Kim and Park (1984)은 고등어 표피 지질을 30°C의 항온기에서 보관하였을 때 POV는 15일에 최대치를 이룬 뒤 감소하는 경향을 나타내었으며, 본 실험에서는 5일째 최대치를 나타낸 뒤 감소하는 경향을 나타내었다. 또한, AnV의 경우에도 올리브기름, 해바라기기름 및 채종박기

를 이용하였을 때 AnV가 최대치를 나타날때까지 지속적으로 증가한다는 연구결과(Maria and N'Erea, 2002)와 유사하였지만, 본 실험에서는 최대치 이후에는 불안정한 값이 나타났다. 이와는 달리 지방이 산화될 때 생성되는 유리지방산의 함량을 KOH로 정량하는 AV는 산화 시간이 지남에 따라 지속적으로 증가하는 경향을 보였다. 또한 AV와 반대로 불포화지방산의 이중 결합을 요오드로 치환하여 측정하는 IV는 산화가 증가함에 따른 불포화지방산의 감소에 따라 지속적으로 감소하는 경향을 보였다. 이러한 결과는 고등어 표피 지질을 이용한 실험(Kim and Park, 1984)과 고등어를 이용한 실험(Smith, 1995)결과와 일치하였다. 본 실험 결과에서 POV, AnV, Totox의 수치는 지질의 산화가 최대값을 나타낸 뒤 일정하게 유지 또는 감소하는 경향이 나타났다. 하지만, Table 2에서 나타난 산화에 의한 지방산의 변화에서 DHA와 EPA를 비롯한 PUFA는 지속적으로 감소하고 C14:0, C16:0, C18:0 등 SFA와 C16:1, C18:1, C20:1 등 monoene의 함량이 지속적으로 증가하였다. 또한, PUFA/SFA와 DHA/C16:0의 경우에도 산화일수가 증가할수록 지속적으로 감소하였다. 이러한 결과를 토대로, POV, AnV, Totox의 수치는 지질의 산화가 최대로 된 이후에는 부정확할 가능성이 충분히 있다고 사료된다. 오히려, 어유의 경우 지방산에 대한 연구가 충분히 고찰 되어야 하겠지만 PUFA/SFA와 DHA/C16:0의 비율로서 어유의 품질을 예측할 수 있지 않을까 제안해 본다.

그러므로, 어유의 특성상 품질관리는 대두유, 옥수수유 등의 식물성유지와는 달리 POV, AnV, totox, AV, IV, 불포화지방산 등 각각의 분석항목을 단독으로 이용하여 어유 전체의 품질을 판단하기 어렵다고 생각되며, 이러한 분석항목을 종합적으로 검토하여야 될 것으로 생각된다. 더욱이 양어용 사료에 어유를 사

용하기 위해서는 사료가공시 발생할수 있는 과산화지질 등 지방산패도와 DHA, EPA 등 불포화지방산의 감소 정도를 감안하여 그 어종의 필수지방산의 요구량을 맞출수 있도록 해야 될 것으로 생각된다. 더불어, 어유의 보관기간의 증대와 이용성 증대를 위한 천연 및 인공 항산화제에 대한 연구가 이루어져야 될 것으로 사료된다.

## 요 약

본 연구는 국내 양어사료에서 이용되고 있는 어유의 품질을 평가하는데 있어 어떠한 분석 항목이 중요한지 확인하여 양어용 사료의 질적 개선을 위한 기초자료를 마련하는데 그 목적이 있다. 실제 양어사료에 이용되고 있는 E사 어유를 60°C 건조기에서 10일 동안 인위적으로 산화시켜 POV, AnV, Totox, AV, IV, 불포화지방산의 변화를 관찰하였다. 실험결과 POV, AnV, Totox의 수치는 지질의 산화가 최대값을 나타낸 뒤 불일정하게 나타났다. 반면에, DHA와 EPA를 비롯한 PUFA는 지속적으로 감소하고, 이에 따라 SFA와 monoene은 지속적으로 증가하는 경향이 나타났다. 그리고 PUFA/SFA와 DHA/C16:0은 산화가 진행됨에 따라 지속적으로 감소하는 경향이 나타났다. 따라서, 실험결과를 통하여 POV, AnV, totox, AV, IV, 불포화지방산 등 각각의 분석항목을 단독으로 이용하여 어유 전체의 품질을 판단하기 어렵다고 판단되며, POV, AnV, totox, AV, IV, 불포화지방산외에 PUFA/SFA와 DHA/C16:0의 비율도 어유의 품질평가를 하기 위한 새로운 지표가 될 것으로 사료된다.

## 사 사

본 연구를 진심어린 마음으로 도와주신 부경대학교 사료영양연구소의 노고에 진심으로 감사드립니다.

## 참고문헌

AOAC, 2000. Official methods of analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, Virginia, USA.  
 Bai, S. C., 1996. Utilization of low Quality protein sources in fish feed production, Proceedings of the international symposium on aquaculture, pp. 121-127, Ocean University of Qingdao, China, November.  
 Deshimaru, O. and K. Kuroki, 1983. Studies on the optimum lev-

els of protein and lipid in yellowtail diets. pp. 44-79 in reports of Kagoshima prefectural fishery experimental station. Kagoshima, Japan: Kagoshima prefectural fishery experimental station.  
 Gatesoupe, F. J., C. Legar, R. Metailler and P. Luquet, 1977. Alimentation lipidique turbot, *Scophthalmus maximus* L. 1. Influence de la longueur de chaine des acides gras de la serie w3. Annual Hydrobiology, **8**: 89-97.  
 Gordon, M. H., 1991. The mechamism of antioxidant action in vitro, In B. J. F Hudson, Food antioxidants (pp. 1-18). New York: Elsevier.  
 International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC), 1987. Standard methods for the analysis of oil, fats and derivatives, Oxford, UK: Blackwell Science Publications.  
 Kim, I. S. and Y. H. Park, 1984. Studies on the oxidative stabilities of mackerel lipids, Bulletin Korean Fisheries Society, **17**(34): 313-320.  
 Lee, C. H., 1993. The development of ceroidosis in cultured flounder, *paralichthys olivaceus*. Journal of Fish Pathology, **6**(2): 143-161.  
 Lee, S. M., J. Y. Lee, Y. J. Kang, H. D. Yoon and S. B. Hur, 1993. n-3 Highly unsaturated fatty acid requirement of the Korean rockfish, *sebastes schlegeli*, Bulletin Korean Fishieres Society, **26**(5): 477-492.  
 Maria D. Guillen and Nerea Caho, 2002. Fourier transform infrared sepectra data versus peroxide and anisidine values to determine oxidative stability of edible oils. Food Chemistry, **77**: 503-510.  
 National Research Council (NRC), 1993. *Nutrient requirements of fish*, National Academy Press, Washington, DC.  
 Roald, S. O., D. Armstrong, T. Landsverk, 1981. Histochemical, fluorescent and electron microscopical appearance of hepatocellular ceroidosis in the Atlantic salmon, *Salmo salar* L., Journal of Fish Diseases, **4**: 1-14.  
 Smith, C. E., 1979. The prevention of liver lipid degeneration (Ceroidosis) and microcytic anaemia in rainbow trout, *Salmo gairdneri* recharde on fed rancid diet. A preliminary report. Journal of Fish Disease. **2**: 429-437.  
 Smith, G., 1995. Lipid oxidation in salted-dried fish. (in) Fish oil technology, nutrition and marketing, (ed) R. J. Hamilton & R. D. Rice, PJ Barnes & Associates, Bucks, UK, pp. 49-66.  
 Vinter, H., 1995. Production of high quality fish oils. (in) Fish oil technology, nutrition and marketing, (ed) R. J. Hamilton & R. D. Rice, PJ Barnes & Associates, Bucks, UK, pp. 27-33.

원고접수 : 2004년 3월 9일

수정본 수리 : 2004년 4월 22일

책임편집위원 : 이상민