

어육의 배소에 의한 지질산화에 관한 연구 III. 적색육어의 배소 및 재가열에 의한 heme 화합물의 변화

조호성 · 이강호 · 주동식 · 김경업* · 임상선* · 이종호*
부경대학교 식품공학과, *경상대학교 식품영양학과

Lipid Oxidation in Roasted Fish Meat

III. Changes in Heme Compounds in Roasted and/or Reheated Dark Muscled Fish

Ho-Sung CHO, Kang-Ho LEE, Dong-Sik JOO, Gyeong-Eup KIM*,
Sang-Sun LIM* and Jong-Ho LEE*

Department of Food Science and Technology, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea
*Department of Food Science and Nutrient, Gyeongsang National University, Chinju 660-701, Korea

In order to elucidate the effect of heme compounds on lipid oxidation in roasted and/or reheated mackerel and pacific saury, changes in myoglobin, metmyoglobin, total iron, nonheme iron and heme iron content were measured.

Throughout the steps of roasting, heating and reheating, myoglobin content was decreased more rapidly roasted at 180°C for 20 min in fillet samples than those roasted at 200°C for 15 min or 220°C for 10 min. When the skinless samples were roasted at 180°C for 20 min, about 38% of myoglobin in raw meat were remained. The skinless fillet roasted at the lower temperature resulted the higher level of metmyoglobin due to the reduced myoglobin. Regardless of roasted temperature and time, total iron content was retained the level of raw meat throughout processing. 2 times of nonheme iron content was noted in the skinless fillet samples roasted at 180°C for 20 min. All samples, heme iron content was decreased much lower by roasted temperature and in absence of skin on fillet. It was decreased about 33% when roasted at 180°C for 20 min in the skinless fillet in case of pacific saury.

Key words: myoglobin, metmyoglobin, nonheme iron, heme iron, oxidation

서 론

식품의 3대 영양소의 하나인 지질은 단백질, 당질과 함께 생체의 주요 구성성분이며 에너지원, 생체대사조절 기능 및 필수지방산의 공급원으로서 중요한 역할을 한다. 그러나 지질이 산화되어 생성되는 휘발성분 중에는 독성 물질이나, 성장억제를 유발시키는 성분들이 있는 것으로 알려져 있다 (Matano, 1970). 한편 heme 화합물은 지질 산화를 촉진시키는 인자일 뿐 아니라 (Castell and Bishop, 1969), 고도불포화지방산과 결합해서 착색의 원인이 되는 제3급 질소염기를 많이 생성하여 품질저하를 촉진시키는 원인의 하나이다 (Stansby, 1962). 최근 식육의 경우에는 heme 철보다는 비heme 철이 산화촉진 작용을 하며 특히 가열육 중에 포함되어 있는 인지질의 산화에 비heme 철이 촉매로서 작용하고 있으며 (Schricker et al., 1982), 어피조직에는 lipoxygenase와 같은 효소들이 지질의 자동산화를 촉진하는 것으로 보고되고 있다 (藤本, 1993; Mohri et al., 1990). 또한 Koizumi et al. (1987)은 조리한 어육을 5°C에서 저장할 때, 어육에 존재하는 heme 색소는 산패취 발생에 촉매작용을 한다고

하였다. 따라서 본 실험에서는 전보 (Lee et al., 1997)에 이어 적색육어의 배소 및 재가열시 heme 화합물과 어피가 지질산화에 미치는 영향에 대해서 조사하였다.

재료 및 방법

1. 재 료

(1) 시료어

전보 (Lee et al., 1997)와 같이 적색육어인 고등어 (*Scomber japonicus*, 체중 400~450 g, 체장 30~40 cm)와 꽁치 (*Cololabis saira*, 체중 150~170 g, 체장 35~40 cm)를 시료어로 사용하였다.

(2) 시료의 열처리

전보 (Lee et al., 1997)와 마찬가지로 dry oven (Jeio Tech, FOG-2)에서 가열시 관능적으로 가장 기호성이 좋다고 판단된 220°C, 200°C 및 180°C에서 각각 10분 (육의 중심온도 : 82°C), 15분 (육의 중심온도 : 86°C), 20분간 가열 (육의 중심온도 : 91°C)하였으며, 배소한 시료를 5°C 냉장고에서 1일간 두었다가 200°C에서 5분간 가열한

것을 가열 (heated) 시료로 하였다. 그리고 배소·가열한 시료를 5°C 냉장고에서 1일간 둔 다음 200°C에서 5분간 재가열한 것을 재가열 (reheated) 시료로 하였다.

2. 방법

(1) Myoglobin 및 metmyoglobin의 측정

Myoglobin의 정량은 Rickansrud and Henrickson (1967)의 방법에 따라 520 nm에서 흡광도를 측정하였으며, metmyoglobin의 정량은 Trout (1989)의 방법에 따라 525 nm, 572 nm 및 700 nm에서 흡광도를 측정하여 정량하였다.

(2) 총철, 비heme 철 및 heme 철의 측정

총철은 AOAC법 (1990)에 따라 산분해법으로 전처리 용액을 만든 후, 이 중 일부를 취하여 표준물질로 검량 선을 작성한 원자흡광분광도계 (Instrumentation Laboratory Inc. IL Video 12 aa/as)로 정량하였으며, 비heme 철은 Schricker et al. (1982)의 방법에 따라 마쇄한 육에 6N HCl과 40% TCA를 1:1로 섞은 혼합액을 첨가하여 65°C에서 20시간 진탕한 후 실온에서 냉각하였다. 이것을 여과한 후 여액에 발색제를 첨가하여 10분간 발색시킨 다음 540 nm에서 흡광도를 측정하여 나타내었다. 또한 heme 철은 Schricker et al. (1982)의 방법에 따라 총철과 비heme 철의 차이를 heme 철의 값으로 간주하였다.

결과 및 고찰

1. Myoglobin의 변화

배소, 가열 및 재가열에 의한 myoglobin의 변화를

Table 1에 나타내었다. 고등어의 경우 생시료에는 5.8 mg/g (건물당 16.4 mg/g) 함유되어 있었으며, 배소에 의한 함량 변화는 220°C에서 10분간 배소한 것보다는 200°C에서 15분 또는 180°C에서 20분간 배소한 것이 생시료에 비해 감소폭이 컸다. 또한 어피 잔존육보다는 어피 제거육의 myoglobin 감소폭이 컸으며, 가열 및 재가열에 의해서도 지속적으로 감소하는 경향이였다. 콩치의 경우 생시료에는 4.8 mg/g (건물당 13.0 mg/g)이었으나, 고등어의 경우와 같이 배소에 의해 감소하는 추세였으며 특히 180°C에서 어피 제거육의 상태로 20분 배소했을 경우에는 생시료에 비해 myoglobin 함량이 약 62% 정도 감소하였다. 이는 배소에 의해 어육 중에 함유된 myoglobin의 단백질 부분인 globin이 변성을 일으키며 또한 2가 상태의 철이 3가 상태로 환원되어 암갈색의 metmyoglobin으로 전환되었기 때문에 (Hirano and Olcott, 1971), 생시료에 비해 myoglobin이 감소하는 것으로 나타났다. 또한 myoglobin은 지질산화에 의한 중간생성물과 반응하여 여러가지 유리라디칼을 형성하는데 관여하여, 지질 산화를 촉진시킬 뿐만 아니라 산패의 원인이 되는 것으로 알려져 있는 metmyoglobin의 함량을 증가시켰다 (Younathan and Watts, 1960).

2. Metmyoglobin의 변화

배소, 가열 및 재가열에 의해 생성된 metmyoglobin의 함량을 Table 2에 나타내었다. 고등어의 경우 180°C에서 어피 제거육의 상태로 배소한 시료가 metmyoglobin의 생성이 가장 많았으며, 가열 및 재가열에 의해서도 지속적으로 증가하는 경향을 나타내었다. 또한 콩치의 경우

Table 1. Myoglobin content in the roasted, heated and reheated mackerel and pacific saury filets

Sample	Myoglobin content (mg/g, dry basis)			
	Raw	Roasted	Heated	Reheated
Mackerel	16.4 ± 1.4	220°C, 10 min	3.8 ± 0.1 (1.3 ± 0.6)*	1.3 ± 0.7 (0.4 ± 0.5)*
		200°C, 15 min	1.6 ± 0.7 (1.9 ± 0.4)*	0.3 ± 0.3 (0.3 ± 0.8)*
		180°C, 20 min	2.3 ± 1.0 (1.8 ± 0.3)*	0.9 ± 0.2 (0.4 ± 0.9)*
	13.0 ± 1.7	220°C, 10 min	4.4 ± 0.8 (4.4 ± 0.3)*	2.6 ± 0.6 (2.8 ± 0.8)*
		200°C, 15 min	3.0 ± 0.6 (3.0 ± 0.2)*	1.6 ± 0.4 (2.0 ± 0.6)*
		180°C, 20 min	3.6 ± 0.9 (3.1 ± 1.0)*	1.6 ± 0.9 (2.0 ± 1.0)*

Heated samples were prepared at 200°C for 5 min with roasted and stored samples at 5°C for 24 hrs.

Reheated samples were prepared at 200°C for 5 min with heated and stored samples at 5°C for 24 hrs.

*Data in parenthesis indicated the skinless filets.

Table 2. Metmyoglobin content in the roasted, heated and reheated mackerel and pacific saury fillets

Sample	Metmyoglobin content (mg/g, dry basis)			
	Raw	Roasted	Heated	Reheated
Mackerel	5.6 ± 0.2	220°C, 10 min 82.4 ± 3.2 (87.8 ± 2.7)*	86.7 ± 2.6 (88.5 ± 2.9)*	95.6 ± 3.3 (96.1 ± 3.7)*
	5.6 ± 0.2	200°C, 15 min 88.3 ± 3.0 (88.6 ± 1.5)*	90.6 ± 2.2 (91.4 ± 2.6)*	97.1 ± 2.5 (96.3 ± 2.9)*
	5.6 ± 0.2	180°C, 20 min 85.7 ± 1.8 (89.4 ± 2.3)*	89.4 ± 3.4 (91.3 ± 3.0)*	93.4 ± 1.6 (97.4 ± 3.1)*
Pacific saury	2.1 ± 0.5	220°C, 10 min 68.7 ± 3.4 (73.0 ± 2.8)*	72.9 ± 2.3 (74.3 ± 2.0)*	80.0 ± 2.7 (82.9 ± 2.0)*
	2.1 ± 0.5	200°C, 15 min 72.4 ± 3.1 (76.8 ± 1.2)*	75.3 ± 1.9 (77.7 ± 1.5)*	85.3 ± 3.4 (89.8 ± 2.6)*
	2.1 ± 0.5	180°C, 20 min 76.7 ± 2.9 (80.6 ± 3.2)*	79.6 ± 3.1 (83.2 ± 2.5)*	88.2 ± 3.3 (95.3 ± 3.9)*

Heated and reheated conditions are the same as explained in Table 1.

*Data in parenthesis indicated the skinless fillets.

Table 3. Total iron content in the roasted, heated and reheated mackerel and pacific saury fillets

Sample	Total iron content (mg/100g, dry basis)			
	Raw	Roasted	Heated	Reheated
Mackerel	6.8 ± 0.24	220°C, 10 min 6.8 ± 0.17 (6.7 ± 0.22)*	6.8 ± 0.30 (6.8 ± 0.22)*	6.7 ± 0.26 (6.4 ± 0.18)*
	6.8 ± 0.24	200°C, 15 min 6.8 ± 0.13 (6.8 ± 0.19)*	6.7 ± 0.27 (6.7 ± 0.19)*	6.7 ± 0.33 (6.7 ± 0.28)*
	6.8 ± 0.24	180°C, 20 min 6.7 ± 0.25 (6.7 ± 0.28)*	6.8 ± 0.31 (6.8 ± 0.25)*	6.7 ± 0.30 (6.7 ± 0.24)*
Pacific saury	6.4 ± 0.17	220°C, 10 min 6.4 ± 0.25 (6.4 ± 0.21)*	6.3 ± 0.30 (6.4 ± 0.11)*	6.4 ± 0.15 (6.5 ± 0.27)*
	6.4 ± 0.17	200°C, 15 min 6.5 ± 0.19 (6.4 ± 0.20)*	6.4 ± 0.21 (6.4 ± 0.30)*	6.4 ± 0.18 (6.4 ± 0.23)*
	6.4 ± 0.17	180°C, 20 min 6.4 ± 0.23 (6.4 ± 0.20)*	6.4 ± 0.30 (6.4 ± 0.21)*	6.4 ± 0.22 (6.4 ± 0.28)*

Heated and reheated conditions are the same as explained in Table 1.

*Data in parenthesis indicated the skinless fillets.

도 고등어와 같이 배소, 가열 및 재가열에 의해 증가하였으며, 어피 잔존육보다는 어피 제거육의 metmyoglobin 생성이 많았다. 따라서 배소처리시 어피가 열을 차단하는 역할을 하기 때문에 같은 온도에서도 어피 잔존육보다는 어피 제거육에서 산화가 좀 더 빨리 일어나 metmyoglobin의 함량이 높게 나타난 것으로 생각된다. 배소에 의해 metmyoglobin의 함량이 생시료에 비해 급격하게 증가하였으나, 가열 및 재가열에 의해 완만하게 증가하는 것으로 나타났다. 이와같은 결과는 myoglobin의 변화에서도 알 수 있듯이 배소, 가열 및 재가열과 같은 일련의 열처리과정에 의해 고등어나 꽂치의 육색소인 myoglobin이 열변성을 받아 metmyoglobin으로 전환되었으며, 그 정도는 180°C에서 20분간 배소한 경우가 가장 높게 나타

나, 배소시간이 길수록 육색소의 산화에 미치는 정도가 큰 것을 알 수 있었다.

3. 총철, 비heme 철 및 heme 철의 변화

배소에 의한 총철의 함량 변화를 Table 3에 나타내었다. 고등어의 경우 생시료에는 건물당으로 6.8 mg/100 g, 꽂치는 6.4 mg/100 g 함유되어 있었으며, 배소온도와 시간을 달리하여 처리했을 경우에도 총철 함량에는 큰 변화가 없었다. Hemoglobin이나 myoglobin, heme 같은 heme 철과 ferritin같은 비heme 철로 구성되어 있는 총철 (Kojima and Yasui, 1993)은 온도와 시간을 달리하여 배소했을 경우, 배소에 의해 heme 철로 부터 비heme 철이 유리될 뿐이지 함량 자체는 거의 변화가 없었다.

Table 4. Nonheme iron content in the roasted, heated and reheated mackerel and pacific saury fillets

Sample	Nonheme iron content (mg/100g, dry basis)			
	Raw	Roasted	Heated	Reheated
Mackerel		220°C, 10 min		
	1.9 ± 0.05	3.1 ± 0.08 (3.2 ± 0.12)*	3.2 ± 0.15 (3.3 ± 0.09)*	4.0 ± 0.08 (3.6 ± 0.13)*
		200°C, 15 min		
	1.9 ± 0.05	3.2 ± 0.14 (3.5 ± 0.07)*	3.4 ± 0.13 (3.5 ± 0.14)*	3.8 ± 0.11 (3.9 ± 0.15)*
		180°C, 20 min		
	1.9 ± 0.05	3.5 ± 0.10 (3.7 ± 0.11)*	3.7 ± 0.12 (3.7 ± 0.07)*	3.7 ± 0.10 (3.9 ± 0.13)*
Pacific saury		220°C, 10 min		
	1.6 ± 0.08	2.6 ± 0.10 (2.6 ± 0.08)*	3.0 ± 0.12 (2.9 ± 0.10)*	3.2 ± 0.15 (3.2 ± 0.19)*
		200°C, 15 min		
	1.6 ± 0.08	2.7 ± 0.12 (2.8 ± 0.13)*	2.9 ± 0.07 (2.9 ± 0.15)*	3.4 ± 0.13 (3.5 ± 0.14)*
		180°C, 20 min		
	1.6 ± 0.08	3.1 ± 0.19 (3.1 ± 0.11)*	3.3 ± 0.13 (3.5 ± 0.11)*	3.6 ± 0.12 (3.6 ± 0.09)*

Heated and reheated conditions are the same as explained in Table 1.

*Data in parenthesis indicated the skinless fillets.

Table 5. Heme iron content in the roasted, heated and reheated mackerel and pacific saury fillets

Sample	Heme iron content (mg/100g, dry basis)			
	Raw	Roasted	Heated	Reheated
Mackerel		220°C, 10 min		
	4.9 ± 0.21	3.7 ± 0.13 (3.6 ± 0.14)*	3.6 ± 0.13 (3.5 ± 0.17)*	2.8 ± 0.06 (2.8 ± 0.10)*
		200°C, 15 min		
	4.9 ± 0.21	3.6 ± 0.17 (3.3 ± 0.11)*	3.3 ± 0.08 (3.2 ± 0.12)*	2.9 ± 0.09 (2.9 ± 0.05)*
		180°C, 20 min		
	4.9 ± 0.21	3.3 ± 0.07 (3.1 ± 0.10)*	3.1 ± 0.14 (3.1 ± 0.15)*	3.0 ± 0.15 (2.8 ± 0.13)*
Pacific saury		220°C, 10 min		
	4.9 ± 0.23	3.8 ± 0.18 (3.9 ± 0.14)*	3.4 ± 0.16 (3.5 ± 0.09)*	3.2 ± 0.17 (3.3 ± 0.11)*
		200°C, 15 min		
	4.9 ± 0.23	3.8 ± 0.12 (3.6 ± 0.15)*	3.5 ± 0.19 (3.5 ± 0.12)*	3.0 ± 0.05 (2.9 ± 0.08)*
		180°C, 20 min		
	4.9 ± 0.23	3.4 ± 0.10 (3.3 ± 0.08)*	3.1 ± 0.10 (2.9 ± 0.07)*	2.9 ± 0.13 (2.8 ± 0.09)*

Heated and reheated conditions are the same as explained in Table 1.

*Data in parenthesis indicated the skinless fillets.

배소에 의한 비heme 철의 변화를 Table 4에 나타내었다. 고등어의 경우 생시료에는 총철 함량에 대해 약 28%의 비heme 철이 함유되어 있었으나, 180°C에서 20분간 어피 제거육의 상태로 배소했을 경우에는 생시료에 비해 약 96%의 비heme 철 함량이 증가하였다. 또한 어피 잔존육의 상태로 전처리한 시료보다는 어피 제거육의 비heme 철 함량이 다소 많았으며, 가열 및 재가열 후에도 지속적으로 증가하는 경향이였다. 콩치의 경우 생시료에는 건물당으로 약 1.6 mg/100 g 정도 함유되어 있었으며, 배소에 의해 증가하는 경향이였다. 220°C에서 10분간 배소했을 경우에는 총철 함량에 대해 약 40%, 200°C에서 15분 배소의 경우는 41~43% 그리고 180°C에서 20분간 배소했을 경우에는 총철 함량에 대해 약 48%의 비heme 철이 생성되어, 220°C에서 10분간 배소한 것보다는 180°C

에서 20분간 배소했을 경우가 비heme 철 함량이 높은 것으로 나타났다. 山本 등 (1988)은 정어리의 가식부 중에는 총철 함량의 약 30%가 비heme 철이며, 가열시간이 길수록 비heme 철 함량이 증가했다고 보고하였다. 또한 Chen et al. (1984)도 가열온도보다는 가열시간이나 가열율이 비heme 철 함량의 증가에 중요한 요소이며, 단시간 가열보다는 장시간 가열한 경우가 비heme 철 함량이 더 많았다고 하였다. 따라서 어류의 배소시 가열온도보다는 가열시간이 길수록 유리된 비heme 철 함량이 많았다. 또한 가열 및 재가열에 의해서도 증가하였으나, 같은 적색육어인 고등어보다는 다소 낮게 나타났다.

Heme 철의 함량변화를 보면 (Table 5), 고등어의 경우 배소온도가 낮을수록 또한 어피있는 것보다는 어피없는 상태로 전처리한 것이 heme 철의 감소폭이 컸으며,

가열 및 재가열에 의해 지속적으로 감소하는 경향이었다. 꽁치의 경우도 고등어와 유사한 경향이었으며 생시료에는 건물당으로 4.9 mg/100g 함유되어 있었으나, 180°C에서 20분간 어피 제거육의 상태로 배소했을 경우에는 생시료에 비해 약 33%의 heme 철이 감소하는 것으로 나타났다.

요 약

고등어와 꽁치를 온도와 시간을 달리하여 배소한 것과 배소한 시료를 저온 ($5 \pm 2^\circ\text{C}$)에서 저장한 후 단계적으로 가열처리했을 때 발생하는 지질산화에 heme 화합물이 미치는 영향을 알아보았다.

Heme 화합물 중 myoglobin 함량은 고등어나 꽁치 모두 180°C에서 20분간 어피 제거육의 상태로 배소한 것이 가장 감소폭이 컸으며 가열, 재가열에 의해서도 지속적으로 감소하였다. 특히 180°C에서 어피 제거육의 상태로 20분간 배소한 것은 생시료에 비해 myoglobin 함량이 약 62% 정도 감소하였다. Myoglobin의 감소에 의한 metmyoglobin 함량은 고등어와 꽁치 모두 점차 증가하는 경향이었으며, 배소온도가 낮을수록 그리고 어피를 제거한 경우가 metmyoglobin의 생성이 가장 많았다. 총철 함량은 배소온도와 시간을 달리하여 처리하여도 두 어종 모두 생시료와는 함량 차이가 거의 없었다. 비heme 철은 고등어의 경우 총철 함량에 비해 약 28%의 비heme 철이 함유되어 있었으며, 180°C에서 20분간 어피 제거육의 상태로 배소했을 경우 생시료에 비해 약 96% 정도 비heme 철 함량이 증가하였다. 꽁치는 생시료에는 건물당으로 약 1.6 mg/100 g 함유되어 있었으며, 220°C에서 10분 배소시에는 총철 함량에 대해 약 40%, 200°C에서 15분 배소시에는 41~43% 그리고 180°C에서 20분 배소시에는 약 48%의 비heme 철이 생성되었다. Heme 철 함량은 고등어와 꽁치 모두 비heme 철의 증가에 반비례해서 감소하는 경향이었으며 또한 배소시간이 길수록 그리고 어피 잔존육보다는 어피 제거육의 감소폭이 더 컸다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 (KOSEF-92-2400-02-01-3) 연구 조성에 의하여 수행된 연구결과의 일부이며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- A. O. A. C. 1990. Official method of analysis. 15th ed., Assoc. of Official Analytical Chemists, Washington, D.C., pp. 237~239.
- Castell, C. H. and D. M. Bishop. 1969. Effect of hematin compounds on the development of rancidity in muscle of cod, flounder, scallops and lobster. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 26, 2299~2309.
- Chen, C. C., A. M. Pearson, J. I. Gray, M. H. Fooladi and P. K. Lu. 1984. Some factors influencing the nonheme iron content of meat and its implications in oxidation. *J. Food Sci.*, 49, 581~584.
- Hirano, Y. and H. S. Olcott. 1971. Effect of heme compounds on lipid oxidation. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 48, 523~527.
- Koizumi, C., S. Wada and T. Ohshima. 1987. Factors affecting development of rancid off order in cooked fish meats during storage at 5°C. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 53, 2003~2009.
- Kojima, K. and A. Yasui. 1993. Selective determination of heme and nonheme iron in animal foods by column separation and atomic absorption spectrophotometry. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 40, 35~41.
- Lee, K. H., H. S. Cho, J. H. Lee, K. H. Shim and Y. L. Ha. 1997. Lipid oxidation in roasted fish meat. I. Rancidity in roasted and/or reheated dark muscled fish. *J. Korea Fish. Soc.*, 30, 708~713 (in Korean).
- Love, J. D. and A. M. Pearson. 1974. Metmyoglobin and nonheme iron as prooxidants in cooked meat. *J. Agric. Food Chem.*, 22, 1032~1034.
- Matano, K. 1970. Toxicity of oxidized and heated fats. *J. Japan. Oil Chem. Soc.*, 19, 197~202.
- Mohri, S., S. Y. Cho, Y. Endo and K. Fujimoto. 1990. Linoleate 13(s)-lipoxygenase in sardine skin. *J. Agric. Food Chem.*, 40, 573~576.
- Rickansrud, D. A. and R. L. Henrickson. 1967. Total pigments and myoglobin concentration in four bovine muscles. *J. Food Sci.*, 32, 57~61.
- Sato, K. and G. R. Hegarty. 1971. Warmed-over flavor in cooked meats. *J. Food Sci.*, 36, 1098~1102.
- Schricker, B. R., D. D. Miller and J. R. Stouffer. 1982. Measurement and content of nonheme and total iron in muscle. *J. Food Sci.*, 47, 740~743.
- Stansby, M. E. 1962. Speculation on fishy odors and flavors. *Food Technol.*, 16, 28~32.
- Trout, G. R. 1989. Variation in myoglobin denaturation and color of cooked beef, pork and turkey meat as influenced by pH, sodium chloride, sodium tripolyphosphate and cooking temperature. *J. Food Sci.*, 54, 536~540.

Younathan, M. T. and B. M. Watts. 1960. Oxidation of tissue lipids in cooked pork. *Food Res.*, 25, 538~543.

藤本健四郎. 1993. 魚皮のリポキシゲナーゼ. *化學と生物*, 31, 73~75.

山本由喜子, 八木佳津子, 宮本梯次. 1988. イワシの加熱調理

時におけるヘム色素の分解とその脂質酸化への影響. *調理科學*, 21, 41~44.

1998년 3월 13일 접수

1998년 7월 4일 수리