

국내 양식 은어 지방의 지방산 조성 및 저장 중 지방 산화

이희재 · 정하나 · 이새롬 · 정지현 · 이민우 · 황금택[†] · 황인경

서울대학교 식품영양학과, 생활과학연구소

Fatty Acid Composition and Oxidation of the Lipids in Sweetfish Cultured in Korea

Hee Jae Lee, Hana Jung, Sae-Rom Lee, Ji Hyun Jeong, Min-Woo Lee,
Keum Teak Hwang[†], and InKyeong Hwang

Dept. of Food and Nutrition, and Research Institute of Human Ecology,
Seoul National University, Seoul 151-742, Korea

Abstract

The purpose of the study was to determine fat contents and fatty acid compositions of the lipids in sweetfish cultured in Korea and lipid oxidation during storage at refrigeration temperature (2°C). Whole or minced sweetfish were vacuum-packaged or treated with ascorbic acid. Changes in thiobarbituric acid (TBA) values, peroxide values (PV) and free fatty acid (FFA) in the fish were determined. Sweetfish contained 72.5% moisture, 5.3% lipid and 1.1% ash. Palmitic acid was the highest (27.4% (w/w) of the total fatty acids) among the saturated fatty acids. Total monounsaturated fatty acids (MUFA) were 33.9% and oleic acid (21.0%) was the highest, followed by palmitoleic acid (7.8%). Total PUFA were 28.2%. Predominant PUFA were linoleic acid (8.1%), EPA (5.7%) and DHA (12.1%). TBA values and PV of the whole sweetfish treated with ascorbic acid and vacuum-packaged were not different from the control. TBA values of the minced sweetfish treated with ascorbic acid were significantly lower than the other groups ($p < 0.05$). PV of the fish treated with ascorbic acid and vacuum packaging were significantly lower than the other groups ($p < 0.05$). The result of this study suggests that cultured Korean sweetfish may be a good source of unsaturated fatty acids including EPA and DHA, and vacuum packaging and addition of ascorbic acid may protect lipids from oxidation.

Key words: sweetfish, fatty acid composition, lipid oxidation

서 론

은어(*Plecoglossus altivelis*)는 우리나라, 일본, 중국, 대만 등의 아시아 동부 온대지방의 하천에서 남조류, 규조류와 동물성 플랑크톤을 먹이로 하여 서식하는 1년생 어류로, 체장이 25~30 cm까지 성장한다. 하천에서 산란하고 부화된 새끼 은어는 연안에서 성장한 후 큰 하천이나 강의 중류까지 거슬러 올라와 산란하는 양측회유형 어류이다(1,2). 은어는 수박향과 같은 독특한 향기를 가지고 있어 미식가들이 찾는 고급어로 알려져 있으며(3), 빠른 성장 때문에 중요한 양식 대상종으로 각광을 받고 있다(4). 우리나라의 천연산 은어의 생산량은 점점 감소하는 반면, 양식 은어의 생산량은 양식기술의 발달과 더불어 크게 증가하였으며, 이러한 현상은 계속 될 전망이다(5).

우리나라 은어에 대한 식품학적인 연구로는 은어의 지질 성분에 관한 연구(2)와 천연 및 양식산 은어의 근육 및 알의 일반성분 조성에 대한 연구(3)가 있을 뿐, 저장 기간에 따른

은어의 지방 산화에 관한 연구는 아직 보고되지 않았다.

어류의 지방산에는 심혈관계 질환의 위험 감소(6,7), 항부정맥효과(8), 염증과 면역학적 질병에 대한 효과(9) 등의 다양한 생리학적 기능을 갖는 eicosapentaenoic acid(EPA)와 docosahexaenoic acid(DHA)와 같은 n-3계 지방산이 다량 포함되어 있다. 최근 건강에 관심이 많아지면서 생선 소비가 증가하고 있지만, 어류 지방이 산화에 민감하고 유지의 산화에 의한 산화생성물의 발생으로 불쾌한 냄새와 맛을 내면서 식품의 질을 저하시키고 있다. 이러한 산화를 방지하기 위하여 그 동안 다양한 항산화제의 사용과 포장방법의 개발에 대한 연구가 이루어져 왔다(10-12). 그 동안 지방의 산화를 방지하기 위하여 뛰어난 항산화 효과와 경제성 때문에 인공 합성 항산화제가 많이 이용되었으나 안전성에 대한 논란이 있어(13), 근래에는 천연 항산화제를 이용한 연구가 이루어지고 있다. 천연 항산화제 중에서 ascorbic acid는 구조 내에 enediol 기를 함유하는 lactone 고리를 가진 대표적인 환원제이다. Ascorbic acid는 free radical scavenger로서 작용하며

[†]Corresponding author. E-mail: keum@snu.ac.kr
Phone: 82-2-880-2531, Fax: 82-2-884-0305

식품 및 생체 내에서 reducing agent와 metal scavenger와 같은 다양한 효과를 지닌다. 또한 oxygen scavenger로서도 매우 뛰어나 ascorbic acid 3.3 mg은 공기 1 mL 중의 산소를 완전히 흡수한다고 알려져 있다(14). 따라서 본 연구에서는 한국산 양식 은어의 일반성분과 지방의 지방산 조성을 분석하고 생선의 지방 산화방지에 매우 효과적으로 알려진 ascorbic acid와 진공 포장을 이용하여 은어의 저장성 향상을 검토하여 은어를 활용한 가공식품 개발 연구에 기초 자료를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

실험 재료

일반성분 분석 실험 및 지방산 조성 분석에 사용한 은어는 경상북도 봉화군에서 양식한 것으로 2008년 6월에 포획하여 9개월간 냉동(-19°C) 저장된 것이다. 지방산화 실험에 사용한 은어는 2009년 2월말~3월초 종묘를 분양받아 양식장에 방사한 후 양식한 은어를 8월 말 잡아 4개월간 냉동(-25°C) 저장된 것이다. 은어의 머리와 꼬리를 제거하고 몸통을 포를 떼서 뼈와 껍질을 제거한 후 어육 부분을 잘게 다져 일반성분 분석과 지방의 지방산 조성 분석을 하는데 사용하였다.

일반성분 분석

AOAC 방법(15)에 따라 수분은 상압가열건조법, 조지방은 Soxhlet법, 회분은 직접회화법으로 측정하였다.

지방의 지방산 조성 분석

은어의 지방을 Bligh와 Dyer 방법(16)으로 추출하였다. 추출한 지방은 50°C에서 5분간 감압농축기(A-10005, Eyela Co., Tokyo, Japan)로 감압농축한 뒤, 질소를 충전하여 사용 전까지 냉동(-20°C) 보관하였다. 추출한 지방을 AOCS(17) 방법에 따라 BF₃-methanol 용액으로 methyl ester화시킨 후 hexane으로 추출하여 6890 GC(Agilent Technologies, Palo Alto, CA, USA)를 사용하여 다음과 같은 조건으로 분석하였다. Injector는 split ratio를 50:1로 하여 온도를 240°C로 하였고, detector는 flame ionization detector로서 온도는 250°C였다. Carrier gas로는 helium을 사용하였으며, flow rate는 1.4 mL/min으로 하였다. Column은 DB-23(J&W Scientific, Folsom, CA, USA)을 사용하였다. 오븐 온도는 초기에 160°C에서 2분간 정치한 후, 3.5°C/min으로 240°C까지 올려 5분간 정치하고, 25.0°C/min으로 250°C까지 올려 5분간 정치하였다. 분석된 각 지방산은 표준지방산(Nu-Chek-Prep, Inc., Elysian, MN, USA)과 검출 시간을 비교하여 분석하였다.

지방산화 실험을 위한 은어의 처리

은어의 지방산화 실험을 위해 은어 무게의 0.25%에 해당하는 ascorbic acid(Hanspharm, Siheung, Korea)를 처리한 군과 진공포장 처리한 군을 2°C의 냉장온도에 12일간 저장하면서 분석용 시료로 사용하였다. 은어를 아무것도 제거하지

않은 상태인 통째로 또는 은어의 머리와 꼬리를 자르고 내장을 제거한 후 어육 부분을 잘게 다져 각각 저장 실험에 사용하였다. 통째인 은어의 경우 ascorbic acid를 은어 양면에 골고루 발라주었고, 다진 은어의 경우 ascorbic acid를 넣어 섞었다. 이때 다른 군도 동일한 시간 동안 ascorbic acid를 넣지 않은 상태에서 섞어 주어 공기에 노출되는 조건이 같도록 하였다. 시료를 진공포장 하는 경우에, 다진 은어의 경우는 진공포장하기 전에 -19°C에서 20분간 냉동시킨 상태에서 포장하였다. 진공 포장을 제외한 모든 시료는 뚜껑을 덮지 않은 상태로 1회용 플라스틱 접시에 담아 냉장(2°C) 저장하였다. 아무 처리도 하지 않은 것을 대조군으로 사용하였다. 통째인 은어의 경우 분석 전에 어육만 분리하여 분석 시료로 사용하였으며, 다진 은어의 경우는 저장한 상태 그대로 분석에 사용하였다.

Thiobarbituric acid(TBA) 값 측정

TBA 값은 Hwang과 Regenstein(10) 방법으로 측정하였다. Trichloroacetic acid(TCA; Samchun Chemical Co., Ltd., Seoul, Korea) 75 g, propyl gallate(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA) 1 g, ethylenediamine tetraacetic acid(EDTA; Junsei Chemical Co., Ltd., Tokyo, Japan) 1 g을 증류수 1000 mL에 녹여 추출용액을 만들었다. 2.338 g TBA(Acros, Morris Plains, NJ, USA)를 증류수 1000 mL에 녹여 0.2 M TBA 용액을 만들어 갈색병에 저장하였다. 0.2 g 1,1,3,3-tetraethoxypropane(TEP; Sigma Chemical Co.)을 증류수 1000 mL에 녹여 TEP 표준용액을 만들어 갈색병에 저장하였다. 은어 시료 4~5 g을 정확히 무게를 잰 후, 추출용액 50 mL를 가하여 1분 동안 혼합하였다. 그 혼합된 용액을 Whatman No. 1 filter paper(Whatman International Ltd., Maidstone, England)로 여과하였다. 여액 5 mL와 0.2 M TBA 용액 5 mL를 캡튜브에 넣은 후 40분 동안 끓는 물에 넣어 반응시켰다. 반응 후, 흐르는 물에 1분 동안 냉각시켜 분광광도계(Beckman DU 530, Beckman Coulter Inc., Fullerton, CA, USA)를 사용하여 530 nm에서 흡광도를 측정하였다. TEP 용액으로 서로 다른 농도의 standard 용액을 만들어 위와 같은 방법으로 처리하고 흡광도를 측정하여 농도에 따른 흡광도의 standard curve를 그려 시료의 농도를 산출하는데 사용하였다. 결과는 은어 시료 1 kg 당 포함되어 있는 malonaldehyde의 μmole 의 양으로 나타내었다.

TBA value ($\mu\text{moles of malonaldehyde(MA)}/\text{kg of sample}$)

$$= \frac{\text{여액 5 mL에 함유된 MA의 } \mu\text{moles} \times 10}{\text{시료 (g)}} \times 1000$$

과산화물가(PV) 측정

PV는 Hwang과 Regenstein(10) 방법으로 측정하였다. Soluble starch(Samchun Chemical Co.) 1 g을 차가운 증류수에 섞은 후 끓는 90 mL 증류수에 넣고 100 mL로 맞춘 후 약 1분 동안 교반하여 1% starch 용액을 제조하였다. Potassium iodide(KI; Samchun Chemical Co.)를 사용하여 포화

KI 용액을 제조한 후 갈색병에 보관하였다. 25 g sodium thiosulfate(Na₂S₂O₃; Samchun Chemical Co.)를 1000 mL 증류수에 녹여 0.1 N Na₂S₂O₃를 제조한 후, 사용하기 전에 끓인 물을 사용하여 10배 희석하여 0.01 N Na₂S₂O₃를 제조하였다. 은어 시료 29~30 g을 정확히 재어 취한 후 chloroform(Samchun Chemical Co.) 50 mL, methanol(Samchun Chemical Co.) 50 mL, 증류수 40 mL를 합하여 3분 동안 혼합하였다. 원심분리기(Ultracentrifuge; Hanil Science Industrial Co., Ltd., Incheon, Korea)를 사용하여 3500 rpm으로 15분 동안 원심분리하고 상층부를 separatory funnel에 40분간 정지시킨 후 하층부인 chloroform 층만을 Whatman No. 1 filter paper로 여과하였다. 여액 10 mL에 acetic acid (Samchun Chemical Co.) 15 mL를 가하여 흔들어주고, 포화 KI 용액 0.5 mL를 가한 후부터 정확히 1분간 서서히 교반하여 반응시킨 후, 증류수 25 mL를 천천히 가하였다. 이 용액에 약 1 mL 1% starch 용액을 첨가하고 푸른색이 사라질 때를 종말점으로 하여 0.01 N Na₂S₂O₃로 적정하였다. Blank도 같은 방법으로 실시하였다. 과산화물가는 은어 시료 1 kg 당 mequivalents peroxide로 나타내었다.

$$PV \text{ (mequivalents of peroxide/kg of sample)} = \frac{(A - B) \times N \times 1000 \times 5}{W}$$

A, 시료에 대한 0.01 N Na₂S₂O₃의 적정량(mL); B, blank에 대한 0.01 N Na₂S₂O₃의 적정량(mL); N, 0.01 N Na₂S₂O₃의 농도(N); W, 시료의 무게(g).

유리지방산(FFA) 함량 측정

FFA 함량은 Hwang과 Regenstein 방법(10)으로 측정하였다. 은어의 지방 추출 방법은 PV에서와 같았다. 앞에서 기술한 chloroform 추출물 25 mL에 10 mL methanol, 25 mL isopropanol(Samchun Chemical Co.)을 첨가하였다. 0.5% meta-cresol purple 지시약(Acros)을 5방울 첨가하였다. 교반하면서 0.05 M NaOH(Samchun Chemical Co.)로 적정하여 보라색을 종말점으로 하였다. Blank도 같은 방법으로 적정하였다. FFA는 은어 시료 1 g 당 μmole free fatty acid (FFA)로 나타내었다.

$$FFA \text{ } \mu\text{mole/g of sample} = \frac{(A - B) \times 1000 \times 2 \times N}{W}$$

A, 시료에 대한 0.05 M NaOH의 적정량(mL); B, blank에 대한 0.05 M NaOH의 적정량(mL); N, 0.05 M NaOH의 농도(N); W, 시료의 무게(g).

통계분석

본 실험은 3회 반복하였으며, 실험결과는 SPSS program (SPSS version 12.0)을 이용하여, 평균과 표준편차(mean ± SD)를 구하였고, p<0.05 수준에서 one-way ANOVA test를 한 후, Duncan의 다중검정법으로 실험군 간의 유의성을 분석하였다.

결과 및 고찰

일반성분

9개월 동안 냉동(-19°C) 저장된 봉화산 은어의 수분 함량은 72.5±2.3%, 지방 함량은 5.3±0.2%, 회분 함량은 1.1±0.03%였다. 은어의 일반 성분은 수분 함량이 73.3%, 지방 함량이 6.9%, 회분 함량이 1.3%라고 보고한 선행 연구(2)와 비교해 큰 차이가 없음을 알 수 있었다.

은어 지방의 지방산 조성

은어 지방의 지방산은 포화지방산 38.0%, 단일 불포화지방산 33.9%, 다가 불포화지방산 28.2%로 구성되어 있었다 (Table 1). 그 중 palmitic acid가 27.4%로 가장 높았고, 다음으로 oleic acid(21.0%), DHA(12.1%), linoleic acid(8.1%), palmitoleic acid(7.8%), EPA(5.7%) 순이었다.

본 연구에서 얻은 은어 지방의 지방산 조성 비율 결과는 국내의 자연산 은어 지방의 지방산 조성이 palmitic acid 33.5%, palmitoleic acid 10.9%, oleic acid 25.6%, linoleic acid 6.3%, EPA 2.0%, DHA 6.4%라고 보고한 기존의 연구 결과(2)와 비교할 때, linoleic acid, EPA, DHA의 함량은 높고, palmitic acid, palmitoleic acid, oleic acid의 함량은 다소 낮은 것으로 나타났다. 이는 양식 은어 사료의 지질 조성이

Table 1. Fatty acid composition of whole sweetfish¹⁾

Fatty acid	% (w/w)
C14:0	4.7±0.18
C15:0	0.4±0.01
C16:0	27.4±0.80
C17:0	0.4±0.01
C18:0	4.7±0.01
C20:0	0.2±0.02
C22:0	0.2±0.01
<hr/>	
Saturated	38.0
<hr/>	
C14:1	0.1±0.00
C15:1	0.1±0.06
C16:1	7.8±0.24
C17:1	0.2±0.01
C18:1	18.1±0.57
C18:1-T	2.9±0.02
C20:1	0.9±0.03
C22:1	0.8±0.10
C24:1	3.0±0.16
<hr/>	
Monounsaturated	33.9
<hr/>	
C18:2	8.1±0.13
C18:3-a	0.1±0.07
C18:3-g	0.8±0.23
C20:2	0.4±0.00
C20:3	0.1±0.04
C20:4	0.6±0.03
C20:5	5.7±0.36
C22:2	0.3±0.00
C22:6	12.1±1.47
<hr/>	
Polyunsaturated	28.2

¹⁾Mean ± standard deviation of three determinations.

다르면 은어의 지질 함량에 차이가 난다는 기존의 연구 결과 (3)에서와 같이 은어의 먹이에 차이가 있었기 때문이라고 생각된다. 어류의 먹이에 의한 지방산은 식물성 플랑크톤, 동물성 플랑크톤, 소어의 순으로 저차 영양단계에서 고차 영양 단계의 지방산으로 이용 축적되어 최종 어류에서는 고도불포화 지방산으로 합성·변환되어 축적되며, 이로 인해 어류 지질의 구성 지방산 조성은 먹이와 밀접한 관계가 있다는 것이 알려져 있다(19). 은어 지방의 지방산 조성 분석 자료는 많지 않으나, 기존의 은어 지방의 지방산 조성 분석에 의한 결과(2)와 비교하였을 때, 본 연구에 사용한 양식 은어는 EPA와 DHA가 현격히 높아 우수한 은어 자원임을 알 수 있었다.

은어의 지방산 조성과 한국 주요 어종의 지방산 조성을 비교하면, 멸치, 임연수, 전어, 갈치, 가자미, 청어, 고등어, 꽁치, 정어리 등에 비해 n-6 지방산인 linoleic acid가 2~7배 높았다. 은어 지방의 n-3 지방산을 살펴보면, 멸치, 고등어, 꽁치의 EPA 함량이 각각 16.3%, 6.2%, 9.5%이고 DHA 함량이 각각 17.7%, 18.5%, 33.3%인데 비해서는 n-3 지방산 함량이 낮았다. 은어 지방의 EPA는 5.7%로서 EPA 함량이 3.8%인 갈치보다 높았고, 은어 지방의 DHA(12.1%)는 5.5%인 전어, 11.9%인 갈치, 7.8%인 청어, 11.1%인 정어리에 비해 높았다 (20). 본 실험 결과, 한국산 양식 은어가 불포화지방산 및 DHA와 EPA의 좋은 급원임을 알 수 있었다.

통째인 은어의 지방산화 및 FFA

진공포장과 ascorbic acid를 처리한 은어의 지방산화 억제에 대한 효과를 알아보기 위해 12일 동안 은어의 지방산화 정도를 측정하였다. 실험에 사용한 은어의 수분 함량은 $74.0 \pm 0.7\%$, 지방 함량은 $5.7 \pm 0.3\%$, 회분 함량은 $1.2 \pm 0.02\%$ 로서 앞서 실험한 일반성분 조성 결과와 비교했을 때, 수분과 지방 함량은 유의적 차이가 없었고($p > 0.05$), 회분 함량은 0.1% 정도 높았다.

통째인 은어를 12일 동안 냉장(2°C) 저장하면서 측정된 TBA 값의 변화를 Fig. 1에 나타내었다. 대조군, 진공포장한 군, ascorbic acid를 처리한 군 모두 저장 초반부터 9일까지는 TBA 값이 서서히 증가하다가 9일 이후 대조군은 0.31에서 0.74로 크게 증가하였다. 반면, ascorbic acid 처리를 한 군은 TBA 값이 저장 9일 이후 0.20에서 0.38로 완만하게 증가하였다. 진공 포장 처리한 군은 저장 9일 이후 TBA 값이 0.28에서 1.10으로 가장 많이 증가하였으나, 날짜별로 비교할 때 다른 군과 유의적 차이는 없었다($p > 0.05$).

통째인 은어의 PV 변화를 Fig. 2에 나타내었다. TBA 값과 달리 PV는 12일 동안 값이 일정하게 증가하거나 감소하는 경향을 보이지 않고 불규칙적인 경향을 보여 유의적인 차이가 없었는데($p > 0.05$), 이는 은어를 통째로 저장해서 공기 접촉이 많지 않았기 때문이라고 생각된다. 통째인 은어를 진공 포장하지 않고 ascorbic acid를 첨가하지 않아도 지방의 산화가 확연히 증가하지 않는 것을 볼 때 통째인 경우에 굳이 진공포장하거나 ascorbic acid같은 항산화제를 첨가해서 보

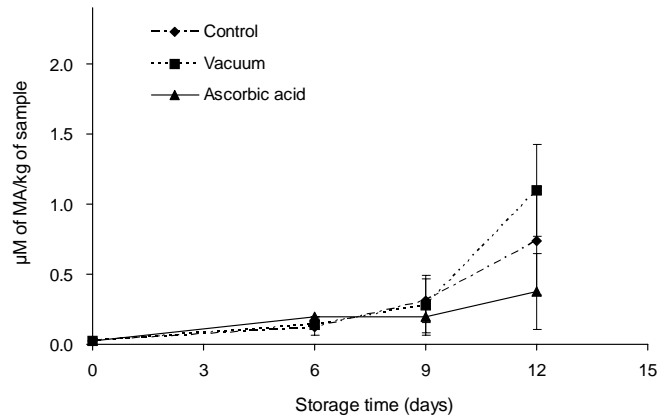


Fig. 1. Change of TBA value in whole fish during storage at refrigeration temperature (2°C). Control, not treated; Vacuum, vacuum packaging; Ascorbic acid, treated with 0.25% (w/w) ascorbic acid; MA, malonaldehyde. Bars represent means \pm standard deviation (n=3).

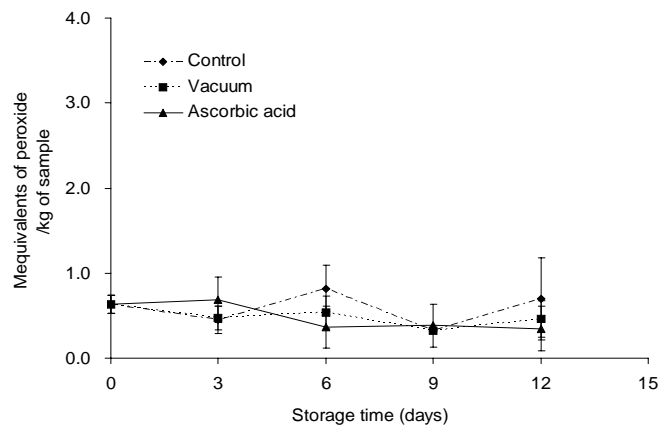


Fig. 2. Change of peroxide value in whole fish during storage at refrigeration temperature (2°C). Control, not treated; Vacuum, vacuum packaging; Ascorbic acid, treated with 0.25% (w/w) ascorbic acid. Bars represent means \pm standard deviation (n=3).

관할 필요가 없다고 생각한다.

통째인 은어를 냉장(2°C) 저장하면서 12일 동안 측정된 FFA의 변화를 Fig. 3에 나타내었다. 세 가지 군 모두 저장 기간 동안 FFA 값이 증가하였는데 세 군 간의 유의적인 차이는 나타나지 않았다($p > 0.05$). FFA는 주로 지방이 가수분해되어 생성된다. 지방의 가수분해는 효소에 의해서 일어나는데, lipases, phospholipase A, phospholipase B가 지방의 가수분해를 일으키는 중요한 효소로 알려져 있다(22). Hwang과 Regenstein(10)의 연구에서 진공포장은 지방의 가수분해를 억제하는 효과가 없다고 보고했다. 또한 Hwang 등(24)의 연구에서 ascorbic acid를 처리하여 저장한 메기의 FFA 함량이 대조군보다 약간 더 높게 검출되었는데, 이는 ascorbic acid를 첨가하면 산도가 높아지기 때문일 것이라고 보고하였다. 이와 같은 선행 연구 결과로 보아 지방의 산화와는 달리 진공포장과 ascorbic acid 첨가가 FFA의 생성을 방지하는데 큰 효과가 없음을 알 수 있다. 가열하면 어류의 근육에 존재하는 가수분해 효소를 즉시 불활성화 시킨다고 알려져

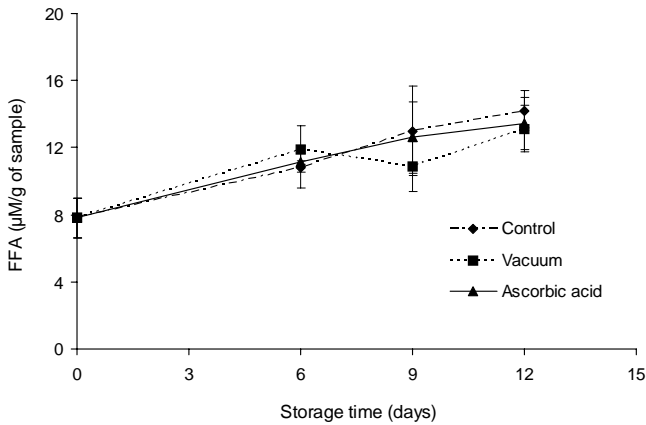


Fig. 3. Change of free fatty acids in whole fish during storage at refrigeration temperature (2°C). Control, not treated; Vacuum, vacuum packaging; Ascorbic acid, treated with 0.25% (w/w) ascorbic acid; FFA: free fatty acid. Bars represent means ± standard deviation (n=3).

있다(24). Hwang과 Regenstein(10)은 가수분해 효소가 열에 의해 불활성화 되지 않은 조건에서, 다진 고등어 지방의 가수분해는 저장 온도에 의해 가장 큰 영향을 받는다고 보고했다. 따라서 FFA의 생성을 방지하기 위해서는 진공포장과 ascorbic acid의 처리보다는 저장 온도를 낮추는 것이 더 효과적일 것이라고 생각한다. Dyer(23)는 FFA가 어류의 단백질을 변성시켜 생선의 식감을 질겨지게 한다고 보고하였다. 지방의 가수분해와 어류의 품질에 대한 관계가 확실하게 밝혀지지지는 않았지만, 어류를 평가하는데 있어 지방의 가수분해 산물인 FFA를 측정하는 것은 가치 있는 일이라고 생각한다.

다진 은어의 지방산화

은어를 통째로 사용할 경우에 지방산화 속도가 느리기 때문에 상대적으로 산화가 일어나기 쉬운 상태로 만들기 위하여 은어를 잘게 다져서 지방산화 실험에 사용하였다. 은어를 잘게 다져 냉장(2°C) 저장하면서 12일 동안 측정된 TBA 값의 변화를 Fig. 4에 나타내었다. 대조군과 진공포장 군은 TBA 값이 저장 9일까지 서서히 증가하였으며, 9일 이후 각각 0.43에서 1.00, 0.51에서 0.81로 크게 증가하였다. Ascorbic acid 처리군은 저장 9일에 TBA 값이 약간 감소하였다가 9일 이후 0.16에서 0.31로 증가하였다. 은어를 다져서 저장하였을 때, 통째인 은어를 저장할 때와 같이 ascorbic acid 처리군이 다른 군보다 TBA 값이 증가하는 정도가 낮음을 알 수 있었다. 저장 9일과 12일에 ascorbic acid 처리한 군은 다른 두 군에 비해 TBA 값이 유의적으로 낮았다(p<0.05).

은어를 잘게 다져 냉장(2°C) 저장하면서 12일 동안 측정된 PV의 변화는 Fig. 5에서 보는 바와 같이 진공포장한 군과 ascorbic acid 처리군은 12일 동안 PV가 크게 변하지 않음을 알 수 있었다. 반면 대조군은 저장 6일까지 서서히 증가하다가 6일 이후에 0.54에서 1.75로 PV가 급격하게 증가하는 것을 알 수 있었다. 저장 6, 9, 12일에 대조군은 진공포장한 군과

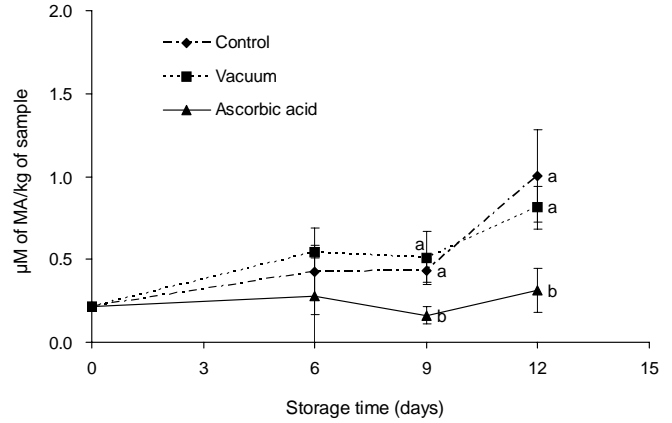


Fig. 4. Change of TBA values in minced fish muscle during storage at refrigeration temperature (2°C). Control, not treated; Vacuum, vacuum packaging; Ascorbic acid, treated with 0.25% (w/w) ascorbic acid; MA, malonaldehyde. Bars represent means ± standard deviation (n=3). Values annotated with different letters differ significantly comparing the values on the same day (p<0.05).

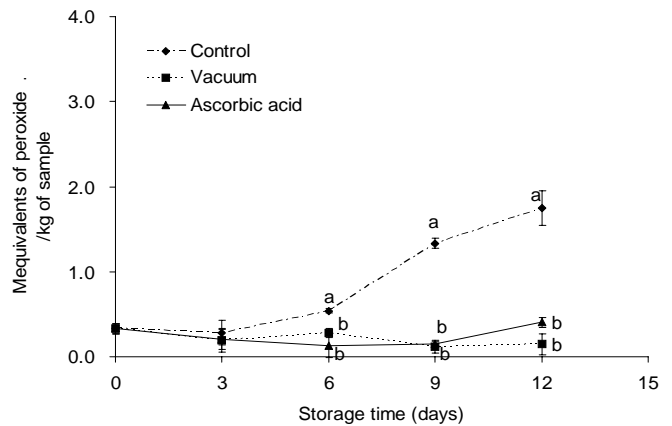


Fig. 5. Change of peroxide values in minced fish muscle during storage at refrigeration temperature (2°C). Control, not treated; Vacuum, vacuum packaging; Ascorbic acid, treated with 0.25% (w/w) ascorbic acid. Bars represent means ± standard deviation (n=3). Values annotated with different letters differ significantly comparing the values on the same day (p<0.05).

ascorbic acid 처리한 군에 비해 PV가 유의적으로 높았다 (p<0.05). 다진 은어를 냉장(2°C) 저장하면서 지방산화 실험을 한 결과, 지방의 산화가 진행될수록 값이 증가한다고 알려진 TBA 값과 PV(12)가 대조군보다 항산화제인 ascorbic acid를 처리한 군에서 낮았다. 이를 통하여 ascorbic acid가 은어의 지방산화를 억제한다는 것을 알 수 있었다. 이는 생선이나 육류, 식물성 기름의 지방 산화를 억제하기 위해 ascorbate나 페놀성 화합물 등의 항산화제를 첨가함으로써 지방 산화를 연장시킨 다른 연구 결과와 유사하였다(12,21). 은어를 통째로 저장했을 때 ascorbic acid 첨가나 진공포장이 지방산화에 크게 영향을 미치지 않은 반면, 다져서 저장할 때는 아무런 처리를 하지 않았을 때 지방의 산화가 더 많이 일어난 것을 알 수 있었다. 따라서 은어를 다져서 사용하는 경우는

진공포장이나 ascorbic acid 처리와 같은 산화방지 방법을 통하여 지방의 지방산화를 억제할 수 있을 것이다. 고등어에 대한 지방산화 억제 효과에 관한 Park 등(25)의 연구에서 ascorbic acid 처리와 진공포장을 동시에 했을 경우 각각 따로 처리했을 때보다 지방산화 억제가 증가한 결과를 볼 때, 은어의 경우도 ascorbic acid를 처리하고 진공포장까지 같이 한다면 지방산화 억제 효과가 더 좋을 것이라고 생각된다.

요 약

은어의 수분 함량은 72.5%, 지방 함량은 5.3%, 회분 함량은 1.1%였다. 은어 지방 중에 단일 불포화지방산은 34.0%였다. 그중 oleic acid가 21.1%, palmitoleic acid가 7.8%였다. 다가 불포화지방산은 28.2%였는데, 그중 DHA가 12.1%, linoleic acid가 8.1%, EPA가 5.7%였다. 통째인 은어를 12일 동안 냉장(2°C) 보관하며 TBA 값과 PV를 측정된 결과, ascorbic acid를 처리한 군과 진공포장한 군이 대조군과 비교하여 유의적인 차이가 없었다($p > 0.05$). FFA는 12일 동안 세 그룹간의 유의적인 차이가 없었다($p > 0.05$). 잘게 다진 상태의 은어를 12일 동안 냉장(2°C) 보관하면서 TBA와 PV를 측정된 결과, ascorbic acid를 처리한 군과 진공포장한 군이 대조군에 비하여 지방산화 정도가 유의적으로 낮았다($p < 0.05$). 이러한 연구 결과로 볼 때, 은어가 불포화지방산과 DHA와 EPA의 좋은 급원 식품이며, ascorbic acid 처리와 진공포장이 은어 지방의 산화를 억제하는데 도움이 될 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 2009년 경상북도 봉화군 연구비 지원에 의해 수행되어 이에 감사드립니다.

문 헌

- Nishida M. 1986. Geographic variation in the molecular, morphological and reproductive characters of the ayu *Plecoglossus altivelis* (Plecoglossidae) in the Japan-Ryukyu Archipelago. *Japan J Ichthyol* 33: 232-248.
- Moon SK. 1993. Studies on the lipid components in sweetfish from Korea-1. *Bull Korean Fish Soc* 26: 235-240.
- Jeong BY, Moon SK, Jeong WG, Ha HS. 1999. Proximate compositions of wild and cultured sweet smelt (*Plecoglossus altivelis*) muscles and eggs. *J Korean Fish Soc* 32: 689-692.
- Jeon MJ, Kang KH, Chang YJ, Lee JK. 1999. Effect of salinity on growth and osmoregulation of the sweetfish, *Plecoglossus altivelis*. *Aquacul* 12: 123-135.
- Ministry of Maritime Affairs and Fisheries. 1998. *Statistical yearbook of maritime affairs and fisheries*. Dae Jung Printed Co., Seoul, Korea. p 1001.
- Herold PM, Kinsella JE. 1986. Fish oil consumption and decreased risk of cardiovascular disease: a comparison of findings from animal and human feeding trials. *Am J Clin Nutr* 43: 566-598.
- Hu FB, Bronner L, Willett WC, Stampfer MJ, Rexrode KM, Albert CM, Hunter D, Manson JE. 2002. Fish and omega-3 fatty acid intake and risk of coronary heart disease in women. *JAMA* 287: 1815-1821.
- Christensen JH, Christensen MS, Dyerberg J, Schmidt EB. 1999. Heart rate variability and fatty acid content of blood cell membranes: a dose-response study with n-3 fatty acids. *Am J Clin Nutr* 70: 331-337.
- Calder PC. 2001. N-3 polyunsaturated fatty acids, inflammation and immunity: pouring oil on troubled waters or another fishy tale?. *Nutr Res* 21: 309-341.
- Hwang KT, Regenstein JM. 1989. Protection of menhaden mince lipids from rancidity during frozen storage. *J Food Sci* 54: 1120-1124.
- Barakat SM, Mahmoud, Yamazaki K, Miyashita K, Shin II, Susuki T. 2006. A new technology for fish preservation by combined treatment with electrolyzed NaCl solutions and essential oil compounds. *Food Chem* 99: 656-662.
- Jittreutch N, Ushio H, Ohshima T. 2006. Effects of EDTA and a combined use of nitrite and ascorbate on lipid oxidation in cooked Japanese sardine (*Sardinops melanostictus*) during refrigerated storage. *Food Chem* 99: 70-82.
- Ito N, Fukushima S, Hasegawa A, Shibarts M, Ogiso T. 1983. Carcinogenicity of butylated hydroxy anisole in F 344 rats. *J Natl Cancer Inst* 70: 343-348.
- Choi HS, Hwang JH. 1997. 식품 지방질의 과산화 반응 억제와 천연 항산화제의 활용. *Korean J Food Sci Technol* 30: 18-30.
- AOAC. 1990. *Official Methods of Analysis*. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA. p 788.
- Bligh EG, Dyer WJ. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can J Biochem Physiol* 37: 912-917.
- AOCS. 1989. AOCS Official Method Ce 2-66, Preparation of methyl esters of long-chain fatty acids. In *Official and Tentative Methods of the American Oil Chemists' Society*. Champaign, IL, USA.
- Kayama M, Tsuchiya Y, Mead JF. 1963. A model experiment of aquatic food chain with special significance in fatty acid conversion. *Bull Japan Soc Sci Fish* 29: 452-459.
- Ahn BH, Shin HK. 1987. Fatty acid composition and content of omega-3 polyunsaturated fatty acids of major fishes caught in Korean seas. *Korean J Food Sci Technol* 19: 181-187.
- Cho YJ, Kim BK, Chun SS. 2004. Effect of polyphenolic compounds from green tea leaves on production of hydroperoxide for lipid oxidation in corn oil-in-water emulsion. *Korean J Food Sci Technol* 36: 19-24.
- Hwang KT, Regenstein JM. 1993. Characteristics of mackerel mince lipid hydrolysis. *J Food Sci* 58: 79-83.
- Dyer WJ. 1951. Protein denaturation in frozen and stored fish. *Food Res* 16: 522-527.
- Hwang KT, Kim JE, Kang SG, Jung ST, Park HJ, Weller CL. 2004. Fatty acid composition and oxidation of lipids in Korean catfish. *J Am Oil Chem Soc* 81: 123-127.
- Park JN, Hwang KT, Kim SB, Kim SZ. 2009. Partial replacement of NaCl by KCl in salted mackerel (*Scomber japonicus*) fillet products: effect on sensory acceptance and lipid oxidation. *Int J Food Sci Technol* 44: 1572-1578.