J.Fd Hyg.Safety 20(2), 89-97 (2005)

저장 중 양식 뱀장어뼈튀김의 산화 안정성 및 지방산 조성의 변화

홍선표 · 김선영 · 정은정* · 신동화*†
전북대학교 바이오식품 소재 개발 및 산업화 연구센터,
**전북대학교 응용생물공학부(식품공학 전공)*

The Change in Fatty Acid and Oxidative Stability of Frying Cultured Eel Bone during the Storage

Sun-Pyo Hong, Sun-Young Kim, Eun-Jeong Jeong*, and Dong-Hwa Shin*†
Research Center for Industrial Development of BioFood Meterials,
Chonbuk National University, Dukjin-Dong, Jeonju, Chonbuk 561-756, Korea
**Faculty of Biotechnology (Food Science & Technology Major), Chonbuk National University,*
Dukjin-Dong, Jeonju, Chonbuk 561-756, Korea
(Received February 23, 2005; Accepted March 25, 2005)

ABSTRACT – The influence of different storage temperature and packaging methods on the frying cultured eel bone were investigated. The acid values, peroxide values and fatty acid composition were measured during storage 20°C and 40°C for 60 days. The lipid oxidation was rapidly progressed with the increased temperature. The addition of oxygen absorber remarkably repressed lipid oxidation during storage of the frying cultured eel bone at 20°C and 40°C, followed by N_2, BHA, α-tocopherol and control. The monounsaturated fatty acid content was the highest in the frying cultured eel bone, followed by saturated fatty acid and polyunsaturated fatty acid. The major fatty acids were oleic acid, palmitic acid and linoleic acid. The saturated fatty acids increased with the rise of storage temperature and prolonging the storage period, while monounsaturated fatty acid and polyunsaturated fatty acid were decreased. The changes of fatty acid composition were the lowest in sample by packing with oxygen absorber, followed by packing N_2, BHA, α-tocopherol and control. From the result of sensory evaluation, sample by packing with oxygen absorber were rated as higher quality than the others.

Key words: storage, frying cultured eel bone, oxidative stability, fatty acid

유지의 산패는 변색, 변향, 지용성비타민과 필수지방산의 변화를 초래하여 식품의 품질저하 및 영양가의 손실을 가져온다.[1] 특히 튀김은 160°C이상의 고온에서 반복적으로 이루어지기 때문에 공기 중의 산소와의 자동산화, 가열중합, 가열분해 등 복합적인 산화반응이 발생하여 튀김유의 색, 맛, 향기의 변화, 유리지방산과 과산화물가의 증가, 불포화지방산의 감소 등으로 유지의 관능적, 영양적 품질이 저하되는 산패현상이 일어난다.[2-4] 튀김식품의 산패는 튀기는 온도, 시간, 산소와의 접촉, 사용유지의 종류, 사용유지의 신선도, 수분함량, 저장기간 등의 여러 요인에 의해서 결정된다.[5,6] 따라서 이들 요인들을 합리적으로 제어하고 관리할 때 튀김제품의 품질을 유지하고 저장성을 향상 시킬 수 있다.

일반적으로 유지의 산패를 억제하기 위해 산소제거[7], 자외선차단,[8,9] 항산화제 첨가[10] 등과 같은 방법을 이용할 수 있는데 이중 널리 활용되고 있는 것은 항산화제를 유지에 직접 첨가하는 방법이다. 현재 국내에서 가장 많이 사용되어지고 있는 항산화제로는 합성 항산화제인 BHA (butylated hydroxyanisole), BHT (butylated hydroxytoluene), PG (propyl gallate), TBHQ (tertiary butylhydroquinone)와 천연 항산화제인 tocopherol 등이 있다.[11] 이들 성분은 산소존재 시 또는 고온조건에서 기질의 free radical 생성을 지연시키거나 활성을 저하시켜 유지의 산화를 억제한다. 항산화제의 효과는 사용유지의 종류, 사용유지에 존재하는 항산화제의 종류와 함량, 항산화제의 성질 등에 의하여 큰 영향을 받는다.

한편 장어류 (뱀장어, 갯장어, 붕장어, 먹장어)는 단백질, 비타민, 무기질 및 고도불포화지방산을 많이 함유하고 있어 오늘날 수산자원으로서 이용가치가 매우 높은 편이다. 특히, 지방산 중에는 oleic acid, linoleic acid, linolenic acid, arachidonic acid, eicosapentaenoic acid (EPA), docosahexae-

†Author to whom correspondence should be addressed.

noic acid(DHA) 등의 필수지방산 및 고도불포화지방산의 함량이 높은 것으로 알려져 있다.[12] 고도불포화지방산은 혈중 콜레스테롤의 농도를 저하시키고 두뇌성장을 촉진하며 심장질환, 동맥경화, 혈전증, 고혈압 등을 예방하는 중요한 생리적 기능을 지니고 있는 것으로 알려져 있다.[13] 따라서 장어류는 이들 지방산을 다량 함유하고 있는 어육 농축물로 이용되거나 건강보조식품의 원료로 사용되고 있다.[14-16]

이와 같이 장어류는 영양학적인 측면에서 매우 우수한 수산식품자원으로 주목을 받고 있지만 현재의 소비형태와 유통방법을 살펴보면 대부분 반 가공제품으로 냉동되고 있으며 또한 기호면에 있어서도 일부 소비자계층에만 한정되어 있어 앞으로 장어의 소비확대를 위해서는 다양한 가공제품의 개발 및 유통방법에 대한 연구가 절실히 요구되고 있는 실정이다.[17]

수산물은 가공 및 조리과정에서 collagen, EPA, DHA, 무기질 등의 유용성분이 많이 함유된 부산물이 대량으로 얻어진다.[18] 그러나 이들 중 일부만이 사료로 이용되고 대부분이 폐기되어 환경오염의 문제를 야기하고 있어 이들의 효율적인 회수 및 활용이 요구된다. 따라서 본 연구에서는 양식뱀장어의 가공공정에서 발생하는 부산물인 뼈를 식용으로서 효율적으로 활용하기 위하여 뱀장어의 뼈를 이용하여 튀김을 제조한 후 저장 중 항산화제와 포장방법이 지질의 산화 안정성 및 지방산 조성의 변화에 미치는 영향을 관찰하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

양식 뱀장어의 뼈는 2004년 10월경에 전북고창의 양식농가에서 구입하여 선별하고 이물질의 제거를 위해 수세 및 탈수한 후 약 5cm 크기로 절단하여 냉동실(-30°C)에 보관하면서 본 실험에 이용하였으며 현미유(세림), 튀김가루(청정원) 등은 전북 전주시 소재 대형마트에서 구입하여 사용하였다. 탈산소제는 (주)립멘사에서 구입하여 사용하였고 항산화제로서는 α-tocopherol(Sigma Chemical Co., USA)과 BHA (Sigma Chemical Co., USA)를 사용하였다.

튀김방법

튀김은 예비실험을 통해서 가열조건과 온도를 설정한 다음 본 실험을 행하였다. 즉, 시중에서 구입한 튀김가루 20 g에 준비된 뱀장어뼈 600 g을 고루 혼합하고 튀김기(Sebsa, France)를 이용하여 170°C, 180°C에서 각각 5분, 10분, 15분, 20분, 25분 튀긴 후 관능검사를 실시하여 양호한 튀김조건을 설정하였다. 본 실험은 예비실험을 바탕으로 설정한 튀김조건 즉, 현미유 2.0 kg에 뱀장어뼈 600 g을 넣고 180°C에서 15분간 튀겼다. 이때 항산화제의 효과를 검토하기 위하여 0.02%의 BHA와 α-tocopherol을 각각 첨가하여 대조구와 비교하였다.

저장방법

시료는 항산화제를 첨가하지 않고 튀긴 대조구, BHA를 첨가한 처리구, 토코페롤를 첨가한 처리구, 대조구에 탈산소제를 첨가한 처리구, 대조구에 질소가스를 첨가한 처리구 등 5개 처리구로 나누어 100 g씩 film (PE+NY)에 넣고 밀봉처리한 후 20°C와 40°C에 각각 저장하면서 20일 간격으로 산가, 과산화물가, 지방산조성의 변화를 측정하였다.

총지질의 추출

시료의 총지질은 Folch 등[19]의 방법에 준하여 추출하였다. 즉, 70 g의 시료에 chloroform : methanol(2 : 1, v/v) 혼합용액 350 ml를 넣고 homogenizer로 추출한 후 여과하였다. 잔사는 다시 chloroform : methanol(2 : 1, v/v) 혼합용액을 가하고 상기와 같은 방법으로 추출하였다. 이와 같은 조작을 3회 반복하여 얻은 여과액을 모두 합하여 분액 깔대기에 옮기고 소량의 증류수를 넣어 혼합한 후 하룻밤 방치하여 chloroform층을 분리하고 Na_2SO_4으로 탈수시켜 여과하였다. 이어 여과액을 rotary vacuum evaporator로 40°C에서 감압농축하여 총지질을 얻었다.

산가 측정

회수한 지질 15 g을 250 ml 삼각플라스크에 정확히 취하고 ether : ethanol(1 : 1, v/v) 혼합용액 100 ml를 가한 후 잘 혼합하여 용해시켰다. 여기에 지시약인 1% phenolphtalein 2~3방울을 가하고 0.1N KOH-ethanol 용액으로 분홍색이 30초간 지속될 때 까지 적정하였다.[20]

과산화물가 측정

회수한 지질 3 g을 250 ml 삼각플라스크에 취하고 acetic acid : chloroform (3 : 2, v/v) 혼합용액 25 ml를 가하여 녹인 후 KI 포화용액을 1 ml 넣고 1분간 흔들어 섞은 다음 10분간 암소에서 방치하였다. 이어 증류수 30 ml를 가하여 강하게 혼합한 후 1% 전분용액을 지시약으로 하여 0.01N $Na_2S_2O_3$ 용액으로 무색이 되는 지점을 종말점으로 적정하였다.[20]

지방산 분석

시료의 지방산 조성은 Metcalfe 등[21]의 방법에 따라 methyl ester화 시킨 후 gas chromatography (G-1530, Agilent technology., USA)로 분석하였다. 즉, 추출한 지질 0.2 g에 0.5N NaOH/methanol 5 ml를 넣고 5분간 수욕상에서 가수분

해 시킨 후 14% BF_3-methanol 5 mL를 가하여 2분간 가열하여 methyl ester화 시킨 다음 n-heptane으로 추출하여 지방산 분석용 시료로 사용하였다. GC의 분석조건은 column은 HP-INNOWAX (30 m × 0.32 mm, film thickness 0.25 μm)를 사용하였고, detector는 FID (flame ionization detector)를 사용하였다. Column의 초기온도는 150°C이었고 5°C/min로 202°C까지 온도를 상승시켜 15분 유지한 후 4°C/min로 220°C까지 15분간, 그 이후에는 230°C까지 3°C/min로 상승시켜 10분간 유지시켰다. Injector와 detector의 온도는 각각 250°C와 260°C로 하였고 carrier gas는 N_2를 사용하였으며 split ratio는 1:30으로 하였다. 각 지방산은 동일 조건에서 표준지방산 methyl ester mixture (Sigma Chemical Co., USA)와 retention time을 비교하여 동정하였으며 함량은 각 peak의 면적을 상대적인 백분율로 나타내었다.

관능검사

뱀장어뼈튀김의 저장기간에 따른 관능검사는 사전에 훈련된 15명의 전북대학교 식품공학과 학생들을 대상으로 색상, 향, 맛, 조직, 전반적 기호도 등을 9점 기호척도법으로 2회 반복 평가하였다.

통계처리

실험결과의 통계처리는 SAS program을 이용하여 분석하였으며 analysis of variance (ANOVA)로 각 시료의 평균값에 대한 유의적 차이 ($p<0.05$)를 검정하였다.

결과 및 고찰

산가의 변화

산가는 가수분해로 형성된 유리지방산의 함량을 나타내는데 유리지방산은 자동산화를 촉진하여 지질의 품질을 저하 시킨다.[14] 뱀장어뼈튀김의 저장기간에 따른 산가의 변화는 Fig. 1 및 2와 같다. 뱀장어뼈튀김을 20°C에서 60일 저장하는 동안 산가는 대조구 (무처리구), 토코페롤, BHA, 질소가스, 탈산소제 처리구 순으로 증가하는 경향을 보였다. 저장 전 대조구의 산가는 0.54에서 60일째에 0.85로 증가한 반면 토코페롤, BHA, 탈산소제, 질소가스 처리구 등은 저장 전 0.53, 0.53, 0.54, 0.54에서 저장 60일째에는 각각 0.71, 0.70, 0.58, 0.67로 증가하여 모두 대조구보다 낮은 값을 나타내었다.

가속조건인 40°C에서 저장한 각 시료의 산가도 20°C에서 저장한 시료와 유사한 경향을 보여 저장기간에 따라서 지속적으로 증가하였다. 저장 60일째 대조구의 산가는 1.15로 가장 높았으며 토코페롤, BHA, 탈산소제, 질소가스 처리구는 각각 0.88, 0.85, 0.78, 0.79로 대조구보다 낮게 나타났다.

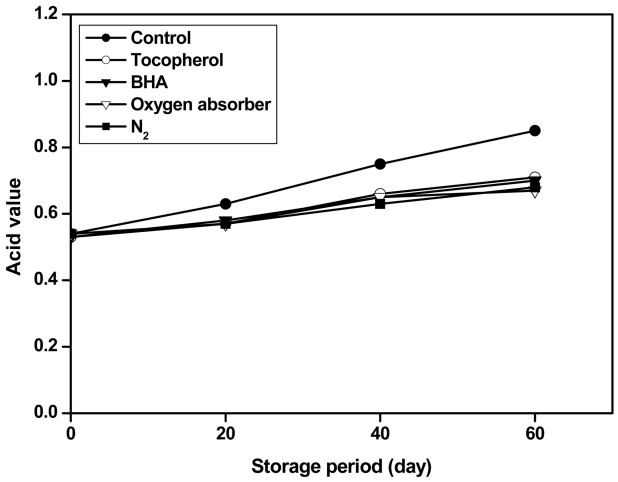

Fig. 1. Changes in acid value of frying cultured eel bone during storage at 20°C.

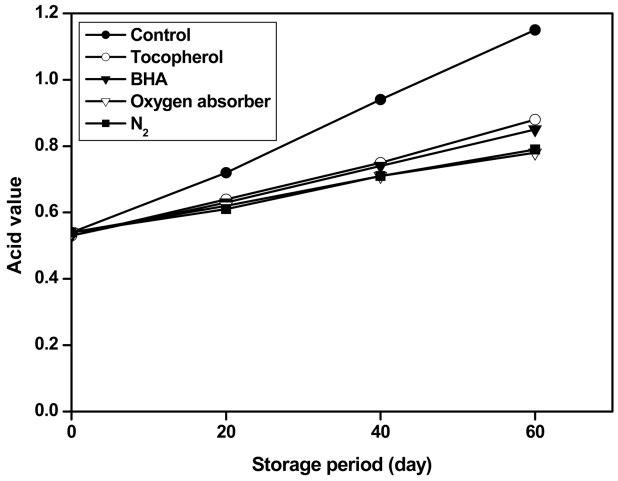

Fig. 2. Changes in acid value of frying cultured eel bone during storage at 40°C.

또한 대조구를 제외한 나머지 처리구중 탈산소제 처리구가 가장 효과적이었고 그 다음이 질소가스 처리구로 나타났다. 이와 같이 대조구보다 각종 처리구의 산가가 낮은 이유는 토코페롤과 BHA의 첨가로 인하여 free radical의 활성이 저하되고 질소가스와 탈산소제 첨가로 지질의 산화를 촉진하는 산소가 배제되면서 유리지방산의 생성이 감소하였기 때문으로 판단된다. Cho 등[22]은 항산화제와 포장방법이 멸치의 지질산화에 미치는 영향을 각각 조사한 결과 대조구에 비하여 0.1% 토코페롤, 0.05% BHA, 진공포장, 탈산소제 처리구의 산가가 낮게 나타났으며 이중 토코페롤보다는 BHA 처리구가, 진공포장보다는 탈산소제 처리구가 더 효과적이었다고 보고하였는데 이는 본 실험결과와 유사한 경향이었다.

과산화물가의 변화

뱀장어뼈튀김의 가공 및 저장 시 일어나는 지질의 산화를 알아보기 위한 과산화물가의 측정결과는 Fig. 3 및 4와 같다. 과산화물가는 지질이 분해 되면서 생성된 지방산의 과산화물의 함량을 나타내는데 과산화물은 쉽게 분해 되어 aldehyde, ketone 및 alcohol류 등의 휘발성 유독물질을 생성하며 지질산화의 초기단계에서 산패도의 지표가 된다.[23] 과산화물가는 20℃ 및 40℃ 저장구 모두 저장 초기에는 시료 간에 큰 차이를 보이지 않았으나 저장 20일 이후부터 차이를 나타내었으며 60일의 저장기간 동안 대조구가 가장 높은 값을 나타내었고 나머지 처리구는 상대적으로 낮은 값을 나타내었다. 특히, 탈산소제 처리구의 과산화물가가 가장 낮았고 그 다음이 질소가스 처리구 순이었다. 저장온도별로 살펴보면 20℃ 저장의 경우 대조구의 과산화물가는 저장 전 4.21 meq/kg이었고 60일째에 70.58 meq/kg로 증가하였으며 토코페롤, BHA, 탈산소제, 질소가스 처리구 등은 저장 전 각각 3.30, 3.92, 4.21, 4.21 meq/kg이었으며 저장 60일째에는 48.72, 43.35, 41.26, 42.73 meq/kg로 대조구보다 현저히 낮은 값을 나타내었다. 또한 대조구의 과산화물가는 저장기간이 증가함에 따라 급격한 증가 추세를 나타낸 반면 토코페롤, BHA, 탈산소제, 질소가스 처리구 등은 완만하게 증가하는 경향을 보였다. 이와 같이 항산화제, 탈산소제, 질소가스 처리구 등이 대조구에 비하여 과산화물가가 최대에 이르는 기간이 길어지는 것은 지질의 산화유도기를 연장시키기 때문으로 판단된다. Lee 등[24]은 고등어튀김을 25℃에서 50일간 저장하면서 과산화물가를 측정한 결과 저장기간이 늘어나면서 과산화물가도 증가하였다고 보고하였고 Lhm 등[25]은 160℃에서 기름으로 튀긴 정어리버어거의 지질산화에 관한 실험에서 60일 저장기간 중 모든 시료의 과산화물가가 계속 증가하는 경향을 보였는데 이때 대조구의 증가폭과 값이 가장 높았으며 항산화제 처리구와 진공포장 처리구는 낮았다고 보고하여 본 실험과 유사하였다.

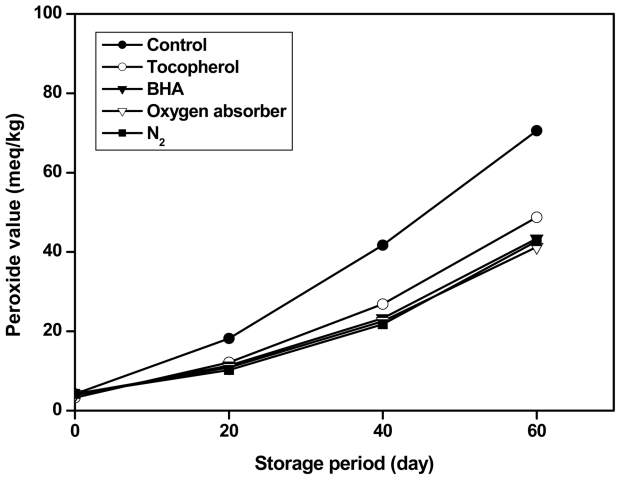

Fig. 3. Changes in peroxide value of frying cultured eel bone during storage at 20℃.

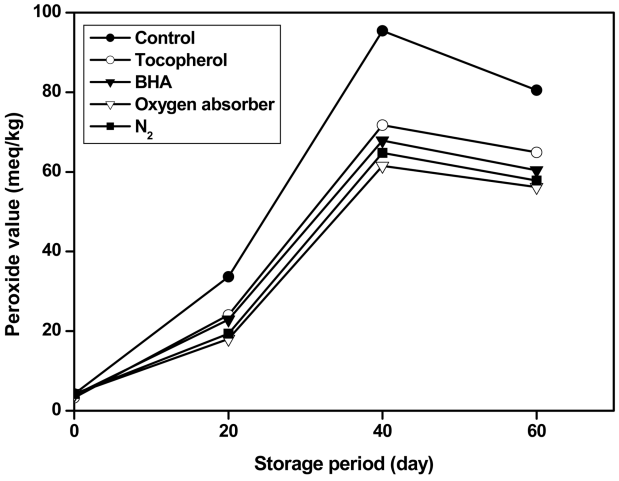

Fig. 4. Changes in peroxide value of frying cultured eel bone during storage at 40℃.

40℃ 저장구의 경우 대조구는 지속적으로 증가하여 저장 40일째에는 95.41 meq/kg로 가장 높은 과산화물가를 나타내었으며 그 이후에는 감소하였다. 한편 토코페롤, BHA, 탈산소제, 질소가스 처리구 등은 저장 40일째에 각각 71.73, 67.86, 61.52, 64.75 meq/kg로 대조구에 비해 상당히 안정한 효과를 나타내었으며 40일 이후에는 서서히 감소하는 경향을 보였다. 저장 중 과산화물가가 계속 상승하다가 저장일이 증가하는 어느 시점에서 감소하는 이유는 hydroperoxide가 계속 산화, 분해 되어 carbonyl compound, acid, polymeric substance로 알려진 산화의 최종 생성물을 다량 형성하면서 과산화물의 생성속도보다 분해속도가 빨라지기 때문으로 생각된다. 뱀장어뼈튀김의 20℃와 40℃ 저장실험결과 여러 처리구중 탈산소제 처리구가 가장 효과적인 것으로 나타났는데 이는 지질의 산화를 촉진하는 산소를 배제함으로서 초기 지질산화를 유도하는 유리지방산의 생성을 막아 과산화물의 형성을 억제하기 때문인 것으로 판단된다.

지방산 조성의 변화

뱀장어뼈튀김의 저장 중 지방산 조성의 변화를 측정한 결과는 Table 1 및 2와 같다. 20℃에서 저장한 대조구는 포화지방산, 단일불포화지방산, 고도불포화지방산이 각각 저장 전 24.10%, 66.89%, 9.01%에서 저장 60일째 31.37%, 61.67%, 6.96%로 증가 또는 감소하면서 지방산 조성의 변화를 보였다. 토코페롤 처리구는 포화지방산의 함량이 저장 전 23.70%에서 저장 60일째 29.77%로 저장기간이 길어짐

Table 1. Changes in fatty acid compositions of frying cultured eel bone during storage at 20°C (unit : relative peak area %)

Sample	Day	Fatty acid																				
		$C_{14:0}$	$C_{14:1}$	$C_{15:0}$	$C_{16:0}$	$C_{16:1}$	$C_{18:0}$	$C_{18:1}$	$C_{18:2}$	$C_{18:3}$	$C_{20:0}$	$C_{20:1}$	$C_{20:3}$	$C_{20:4}$	$C_{20:5}$	$C_{22:1}$	$C_{22:6}$	$C_{23:0}$	$C_{24:0}$	$C_{24:1}$	SFA[1]	MUFA[2]	PUFA[3]
Control	0	1.92	0.13	0.14	17.68	3.42	1.92	61.18	3.93	0.47	1.35	1.25	1.27	0.34	2.67	0.25	0.33	0.33	0.76	0.66	24.10	66.89	9.01
	20	2.22	0.15	0.17	19.60	3.56	2.51	58.78	3.62	0.44	1.46	1.19	1.18	0.30	2.49	0.23	0.22	0.38	0.81	0.69	27.15	64.60	8.25
	40	2.19	0.16	0.19	20.99	3.78	2.99	57.15	3.27	0.43	1.62	1.15	1.11	0.21	2.35	0.23	0.18	0.40	0.87	0.73	29.25	63.20	7.55
	60	2.46	0.19	0.22	22.05	3.86	3.51	55.48	3.18	0.28	1.73	1.16	1.08	0.19	2.11	0.20	0.12	0.47	0.93	0.78	31.37	61.67	6.96
Tocopherol	0	1.83	0.12	0.13	17.43	3.48	1.90	61.42	3.88	0.47	1.33	1.30	1.32	0.35	2.70	0.26	0.34	0.32	0.76	0.66	23.70	67.24	9.06
	20	2.11	0.13	0.16	18.80	3.53	2.26	59.87	3.72	0.45	1.42	1.18	1.22	0.28	2.53	0.24	0.29	0.33	0.80	0.68	25.88	65.63	8.49
	40	2.20	0.15	0.20	19.90	3.71	2.57	58.40	3.45	0.43	1.53	1.21	1.17	0.29	2.40	0.23	0.21	0.38	0.85	0.72	27.63	64.42	7.95
	60	2.39	0.16	0.18	21.01	3.78	3.23	56.73	3.31	0.38	1.61	1.14	1.15	0.23	2.22	0.21	0.16	0.45	0.90	0.76	29.77	62.78	7.45
BHA	0	1.85	0.12	0.12	17.36	3.47	1.91	61.42	3.93	0.50	1.34	1.28	1.33	0.35	2.72	0.26	0.33	0.33	0.73	0.65	23.64	67.20	9.16
	20	2.13	0.14	0.15	18.53	3.51	2.26	60.06	3.75	0.46	1.43	1.20	1.21	0.32	2.53	0.25	0.25	0.35	0.78	0.69	25.63	65.85	8.52
	40	2.23	0.15	0.18	19.91	3.71	2.58	58.47	3.43	0.43	1.56	1.15	1.15	0.32	2.41	0.20	0.21	0.36	0.83	0.72	27.65	64.40	7.95
	60	2.39	0.16	0.19	21.00	3.70	3.24	56.87	3.30	0.39	1.55	1.12	1.13	0.25	2.22	0.21	0.17	0.43	0.89	0.79	29.69	62.85	7.46
Oxygen absorber	0	1.92	0.13	0.14	17.68	3.42	1.92	61.18	3.93	0.47	1.35	1.25	1.27	0.34	2.67	0.25	0.33	0.33	0.76	0.66	24.10	66.89	9.01
	20	2.04	0.15	0.16	18.11	3.58	2.22	60.50	3.85	0.46	1.28	1.20	1.25	0.32	2.60	0.23	0.28	0.39	0.78	0.68	24.98	66.26	8.76
	40	2.15	0.16	0.15	18.70	3.53	2.37	59.83	3.68	0.45	1.42	1.22	1.22	0.30	2.46	0.23	0.25	0.42	0.87	0.71	26.08	65.56	8.36
	60	2.31	0.16	0.17	20.03	3.68	2.92	58.02	3.51	0.41	1.53	1.16	1.17	0.27	2.27	0.21	0.22	0.46	0.87	0.75	28.29	63.86	7.85
N_2	0	1.92	0.13	0.14	17.68	3.42	1.92	61.18	3.93	0.47	1.35	1.25	1.27	0.34	2.67	0.25	0.33	0.33	0.76	0.66	24.10	66.89	9.01
	20	2.16	0.13	0.15	18.36	3.50	2.24	60.10	3.78	0.45	1.40	1.21	1.23	0.33	2.58	0.23	0.27	0.38	0.81	0.68	25.50	65.86	8.64
	40	2.13	0.13	0.16	19.27	3.72	2.55	58.94	3.51	0.43	1.63	1.20	1.18	0.29	2.47	0.22	0.20	0.36	0.87	0.72	26.97	64.95	8.08
	60	2.37	0.15	0.18	20.75	3.77	3.20	56.86	3.35	0.40	1.62	1.13	1.15	0.25	2.26	0.20	0.18	0.47	0.93	0.76	29.52	62.89	7.59

[1)]SFA : saturated fatty acid. [2)]MUFA : monounsaturated fatty acid. [3)]PUFA : polyunsaturated fatty acid.

Table 2. Changes in fatty acid compositions of frying cultured eel bone during storage at 40°C (unit : relative peak area %)

Sample	Day	Fatty acid																				
		$C_{14:0}$	$C_{14:1}$	$C_{15:0}$	$C_{16:0}$	$C_{16:1}$	$C_{18:0}$	$C_{18:1}$	$C_{18:2}$	$C_{18:3}$	$C_{20:0}$	$C_{20:1}$	$C_{20:3}$	$C_{20:4}$	$C_{20:5}$	$C_{22:1}$	$C_{22:6}$	$C_{23:0}$	$C_{24:0}$	$C_{24:1}$	SFA[1]	MUFA[2]	PUFA[3]
Control	0	1.92	0.13	0.14	17.68	3.42	1.92	61.18	3.93	0.47	1.35	1.25	1.27	0.34	2.67	0.25	0.33	0.33	0.76	0.66	24.10	66.89	9.01
	20	2.36	0.17	0.20	20.63	3.65	2.78	57.33	3.50	0.40	1.63	1.17	1.15	0.30	2.38	0.17	0.19	0.45	0.83	0.71	28.88	63.20	7.92
	40	2.58	0.23	0.29	21.61	3.83	3.16	55.90	3.10	0.37	1.76	1.11	1.07	0.22	2.20	0.20	0.18	0.48	0.93	0.78	30.81	62.05	7.14
	60	2.64	0.22	0.36	23.33	3.92	3.62	54.00	3.02	0.22	1.92	1.02	1.01	0.15	2.01	0.12	0.08	0.55	0.98	0.83	33.40	60.11	6.49
Tocopherol	0	1.83	0.12	0.13	17.43	3.48	1.90	61.42	3.88	0.47	1.33	1.30	1.32	0.35	2.70	0.26	0.34	0.32	0.76	0.66	23.70	67.24	9.06
	20	2.27	0.17	0.18	19.49	3.57	2.50	58.72	3.68	0.43	1.53	1.20	1.20	0.32	2.45	0.22	0.21	0.43	0.74	0.69	27.14	64.57	8.29
	40	2.38	0.18	0.28	20.64	3.77	2.87	57.20	3.32	0.38	1.70	1.15	1.13	0.27	2.32	0.20	0.18	0.39	0.88	0.76	29.14	63.26	7.60
	60	2.45	0.19	0.27	21.98	3.86	3.46	55.45	3.16	0.30	1.80	1.11	1.10	0.20	2.13	0.17	0.12	0.50	0.95	0.80	31.41	61.58	7.01
BHA	0	1.85	0.12	0.12	17.36	3.47	1.91	61.42	3.93	0.50	1.34	1.28	1.33	0.35	2.72	0.26	0.33	0.33	0.73	0.65	23.64	67.20	9.16
	20	2.23	0.16	0.21	19.45	3.52	2.51	58.77	3.70	0.41	1.50	1.19	1.20	0.33	2.48	0.21	0.23	0.40	0.80	0.70	27.10	64.55	8.35
	40	2.35	0.18	0.22	20.72	3.55	2.85	57.31	3.36	0.43	1.68	1.14	1.13	0.27	2.35	0.20	0.19	0.45	0.87	0.75	29.14	63.13	7.73
	60	2.42	0.18	0.27	22.15	3.77	3.42	55.49	3.18	0.33	1.65	1.10	1.11	0.22	2.18	0.17	0.13	0.51	0.93	0.79	31.35	61.50	7.15
Oxygen absorber	0	1.92	0.13	0.14	17.68	3.42	1.92	61.18	3.93	0.47	1.35	1.25	1.27	0.34	2.67	0.25	0.33	0.33	0.76	0.66	24.10	66.89	9.01
	20	2.16	0.17	0.18	19.32	3.53	2.48	58.97	3.71	0.42	1.42	1.20	1.21	0.31	2.55	0.22	0.25	0.41	0.81	0.68	26.78	64.77	8.45
	40	2.30	0.18	0.22	20.49	3.66	3.02	57.25	3.42	0.39	1.60	1.21	1.16	0.28	2.42	0.17	0.21	0.45	0.85	0.72	28.93	63.19	7.88
	60	2.38	0.18	0.20	22.17	3.75	2.98	55.78	3.23	0.35	1.72	1.15	1.14	0.21	2.22	0.20	0.16	0.51	0.92	0.75	30.88	61.81	7.31
N_2	0	1.92	0.13	0.14	17.68	3.42	1.92	61.18	3.93	0.47	1.35	1.25	1.27	0.34	2.67	0.25	0.33	0.33	0.76	0.66	24.10	66.89	9.01
	20	2.28	0.15	0.17	19.61	3.52	2.48	58.62	3.68	0.43	1.48	1.19	1.21	0.31	2.52	0.20	0.24	0.41	0.82	0.68	27.25	64.36	8.39
	40	2.30	0.18	0.20	21.21	3.75	2.45	57.07	3.33	0.41	1.62	1.15	1.15	0.27	2.41	0.22	0.20	0.46	0.89	0.73	29.13	63.10	7.77
	60	2.38	0.19	0.25	22.25	3.85	3.27	55.48	3.16	0.40	1.59	1.11	1.13	0.23	2.22	0.18	0.11	0.53	0.95	0.72	31.22	61.53	7.25

[1,2,3)]See footnote at Table 1.

에 따라 증가하였고 단일불포화지방산은 저장 전 67.24%에서 저장 60일째에 62.78%로 감소하였으며 고도불포화지방산은 저장 전 9.06%에서 저장 60일째에 7.45%로 감소하는 경향을 보였다. BHA 처리구와 탈산소제 처리구는 포화지방산의 함량이 저장 전 각각 23.64%, 24.10%이었으며 저장 60일째 29.69%, 28.29%로 증가하였고 단일불포화지방산은 저장 전 각각 67.20%, 66.89% 저장 60일째 62.85%, 63.86%로 감소하였으며 고도불포화지방산은 저장 전 9.16%, 9.01% 저장 60일째 7.46%, 7.85%로 감소하였다. 질소가스 처리구는 저장 전 포화지방산, 단일불포화지방산, 고도불포화지방산의 함량이 각각 24.10%, 66.89%, 9.01%이었으며 저장 60일째에 29.52%, 62.89%, 7.59%를 나타내었다. 또한 모든 시료 중 단일불포화지방산의 함량이 가장 많았으며 구성 지방산은 oleic acid, palmitic acid, linoleic acid 등이 대부분을 차지하였다.

이와 같이 저장 중 포화지방산은 증가하고 단일불포화지방산과 고도불포화지방산은 감소하는 경향을 나타내었는데 이는 뱀장어뼈튀김에 함유되어있는 불포화지방산이 산화되어 상대적으로 포화지방산의 비율이 증가된 결과로 생각된다. 처리구별로 살펴보면 포화지방산의 증가는 대조구가 가장 뚜렷하였고 그 다음이 토코페롤, BHA, 질소가스, 탈산소제 순으로 진행되어 탈산소제 처리가 뱀장어뼈튀김의 산화 억제에 가장 효과적인 것으로 나타났다. 포화지방산중 가장 큰 함량의 변화를 나타낸 것은 palmitic acid이었으며 myristic acid와 stearic acid도 저장 중 증가하는 경향이 뚜렷하였다. 단일불포화지방산중 myristoleic acid와 palmitoleic acid는 증가하였으나 oleic acid와 eicosenoic acid은 다소 감소하는 경향을 보였다. 고도불포화지방산중에는 linoleic acid와 eicosapentaenoic acid가 가장 큰 감소를 보였다. 일반적으로 유지류와 튀김식품은 산화에 의해 불포화지방산은 감소하면서 포화지방산은 증가하는 특성이 있는 것으로 알려져 있다.[26-28]

40°C에서 저장한 대조구, 토코페롤, BHA, 탈산소제, 질소가스 처리구 등은 저장기간에 따라서 20°C와 마찬가지로 myristic acid, palmitic acid, stearic acid 등 포화지방산 함량은 증가하는 반면 oleic acid, linoleic acid, eicosatrienoic acid, eicosapentaenoic acid 등의 단일 및 고도불포화지방산은 감소하는 경향을 나타내었는데 그중 대조구가 가장 큰 변화를 보였다. Park 등[28] 및 Warner와 Mount[29]는 유지의 산화 안정성에 지방산 조성이외도 첨가제나 다른 중요한 요인이 영향을 미친다고 주장하였는데 본 실험에서도 저장기간이 동일한 대조구와 각 처리구가 지방산의 함량이 차이를 나타낸 것은 토코페롤, BHA, 탈산소제, 질소가스 등이 지질의 산화억제에 영향을 미치기 때문으로 판단된다. 특히 탈산소제 처리구가 가장 효과적임을 알 수 있었으며 동일한 처리조건이라도 저장온도가 높을수록 지질산화가 빠르게 진행됨을 확인하였다. Cho 등[22]은 포장조건에 따른 저장 중 지방산의 변화를 관찰한 결과 일반포장(대조구)보다 탈산소제를 동봉한 처리구가 지방산 조성의 변화가 적었다고 보고하여 본 실험과 일치하였다.

고도불포화지방산중 arachidonic acid와 docosahexaenoic acid는 20°C 및 40°C에서 원래 함량이 가장 낮으면서도 저장 중 큰 감소를 보였는데 이는 이중결합이 많은 지방산이 산화에 불안정하다는 일반론으로 설명이 가능하리라 생각된다. 한편 Lhm 등[25]은 기름으로 튀긴 정어리버어거의 저장 중 지방산 조성을 분석한 결과 저장기간이 증가하면서 포화지방산과 단일불포화지방산은 증가하고 고도불포화지방산은 감소하였다고 보고하여 본 실험결과와 다소 상이하였는데 이는 정어리와 뱀장어뼈의 구성 지방산, 튀김조건, 포장방법, 저장기간의 차이에 기인하는 것으로 판단된다.

관능검사

대조구, 토코페롤, BHA, 탈산소제, 질소가스 등을 첨가한 뱀장어뼈튀김을 60일 동안 저장하면서 색상, 향, 맛, 조직, 전반적인 기호도를 조사한 결과는 Table 3 및 4와 같다. 20°C에서 저장한 뱀장어뼈튀김은 대조구의 색상이 저장 전 7.35에서 저장 60일째에 5.52로 감소하였으며 토코페롤, BHA, 탈산소제, 질소가스 처리구는 저장 전 7.35~7.46에서 저장 60일째에 6.11~6.47로 감소하여 대조구보다 양호한 것으로 나타났다. 향도 대조구는 저장 60일째에 5.46으로 다른 처리구에 비하여 낮은 선호도를 나타내었으며 탈산소제 처리구는 6.18로 가장 높은 선호도를 나타내었다. 이밖에 맛, 조직, 전반적인 기호도 등도 저장기간의 증가에 따른 산화로 인하여 선호도가 낮아지는 경향을 보였는데 그중 대조구가 상대적으로 가장 낮았으며 반면에 탈산소제 처리구는 가장 높은 선호도를 나타내었다.

40°C에서 저장한 뱀장어뼈튀김은 산가와 과산화물가에서도 볼 수 있듯이 산화반응이 빠르게 진행되면서 저장 40일 이후 품질이 급격히 저하된 것으로 평가되었다. 특히 항산화제, 탈산소제, 질소가스 등을 처리한 시료와 대조구간에 차이가 뚜렷했는데 색상은 대조구가 저장 전 7.35에서 저장 60일째에는 4.27로 현저히 감소하면서 가장 낮은 선호도를 보였으며 탈산소제 처리구는 저장 전 7.35에서 저장 60일째에 5.68로 감소하여 처리구중 가장 높은 선호도를 나타내었다. 향은 20°C에서 저장한 시료와 마찬가지로 대조구가 가장 선호도가 낮았으며 그 다음이 토코페롤, 질소가스, BHA, 탈산소제 순이었다. Lee 등[30]은 기름으로 튀긴 고등어버어거의 관능검사결과 항산화제 처리구가 색상, 향, 맛, 조직 등의 선호도에서 대조구보다 높았다고 보고하였으며 Ihm 등[25]은

Table 3. Sensory evaluation of frying cultured eel bone stored at 20°C

		Day			
		0	20	40	60
Color	Control	7.35±0.62[c1)]	6.87±0.56[a]	6.26±0.45[e]	5.52±0.53[d]
	Tocopherol	7.41±0.58[b]	6.92±0.73[a]	6.51±0.53[d]	6.11±0.67[c]
	BHA	7.46±0.71[a]	7.06±0.48[a]	6.58±0.48[c]	6.22±0.39[b]
	Oxygen absorber	7.35±0.62[c]	7.06±0.62[a]	6.78±0.72[a]	6.47±0.58[a]
	N_2	7.35±0.62[c]	6.98±0.73[a]	6.63±0.68[b]	6.22±0.72[b]
Flavor	Control	7.27±0.86[b]	6.77±0.62[d]	6.02±0.72[d]	5.46±0.57[e]
	Tocopherol	7.28±0.65[b]	6.82±0.73[c]	6.41±0.67[c]	6.02±0.46[d]
	BHA	7.35±0.58[a]	6.85±0.67[b]	6.48±0.46[b]	6.10±0.66[b]
	Oxygen absorber	7.27±0.86[b]	6.92±0.46[a]	6.54±0.78[a]	6.18±0.62[a]
	N_2	7.27±0.86[b]	6.83±0.51[c]	6.41±0.68[c]	6.06±0.56[c]
Taste	Control	7.32±0.95[c]	6.72±0.89[e]	6.18±0.77[e]	5.66±0.78[d]
	Tocopherol	7.35±0.87[b]	6.86±0.75[d]	6.55±0.48[c]	6.21±0.53[c]
	BHA	7.42±0.78[a]	6.96±0.68[b]	6.63±0.85[b]	6.38±0.73[b]
	Oxygen absorber	7.32±0.95[c]	7.02±0.96[a]	6.76±0.57[a]	6.48±0.41[a]
	N_2	7.32±0.95[c]	6.88±0.55[c]	6.52±0.63[d]	6.23±0.56[c]
Texture	Control	7.63±0.53[b]	7.11±0.73[d]	6.64±0.87[e]	6.17±0.66[d]
	Tocopherol	7.65±0.68[a]	7.21±0.87[c]	6.73±0.73[c]	6.22±0.70[c]
	BHA	7.65±0.72[a]	7.25±0.66[b]	6.78±0.51[b]	6.32±0.89[b]
	Oxygen absorber	7.63±0.53[b]	7.28±0.48[a]	6.82±0.58[a]	6.37±0.76[a]
	N_2	7.63±0.53[b]	7.12±0.56[d]	6.66±0.67[d]	6.21±0.54[c]
Overall acceptability	Control	7.37±0.36[c]	6.87±0.69[e]	6.22±0.87[e]	5.76±0.53[e]
	Tocopherol	7.41±0.62[b]	7.03±0.78[c]	6.51±0.73[d]	6.12±0.66[d]
	BHA	7.47±0.59[a]	7.06±0.63[b]	6.68±0.93[b]	6.22±0.70[b]
	Oxygen absorber	7.37±0.36[c]	7.08±0.57[a]	6.77±0.78[a]	6.36±0.62[a]
	N_2	7.37±0.36[c]	7.00±0.84[d]	6.57±0.61[c]	6.16±0.43[c]

[1)]Means with the same alphabet in each row are not significantly different ($p<0.05$).

Table 4. Sensory evaluation of frying cultured eel bone stored at 40°C

		Day			
			0	20	40
Color	Control	7.35±0.62[c1)]	6.42±0.56[d]	5.11±0.62[e]	4.27±0.33[e]
	Tocopherol	7.41±0.58[b]	6.61±0.47[c]	5.92±0.38[d]	5.31±0.57[d]
	BHA	7.46±0.71[a]	6.71±0.62[b]	6.07±0.53[b]	5.42±0.61[b]
	Oxygen absorber	7.35±0.62[c]	6.86±0.73[a]	6.17±0.85[a]	5.68±0.43[a]
	N_2	7.35±0.62[c]	6.71±0.52[b]	5.97 0.63[c]	5.36±0.66[c]
Flavor	Control	7.27±0.86[c]	6.36±0.75[e]	4.97±0.63[e]	3.95±0.68[e]
	Tocopherol	7.28±0.65[b]	6.64±0.68[d]	5.70±0.55[d]	5.04±0.36[d]
	BHA	7.35±0.58[a]	6.77±0.83[b]	5.90±0.43[b]	5.16±0.52[b]
	Oxygen absorber	7.27±0.86[c]	6.82±0.61[a]	5.97±0.62[a]	5.22±0.48[a]
	N_2	7.27±0.86[c]	6.68±0.76[c]	5.73±0.58[c]	5.08±0.66[c]
Taste	Control	7.32±0.95[c]	6.57±0.83[e]	5.42±0.62[e]	4.52±0.83[e]
	Tocopherol	7.35±0.87[b]	6.70±0.58[c]	5.81±0.76[d]	5.21±0.62[d]
	BHA	7.42±0.78[a]	6.72±0.63[b]	5.96±0.37[b]	5.51±0.55[b]
	Oxygen absorber	7.32±0.95[c]	6.85±0.82[a]	6.07±0.48[a]	5.58±0.67[a]
	N_2	7.32±0.95[c]	6.66±0.57[d]	5.86±0.63[c]	5.32±0.58[c]
Texture	Control	7.63±0.53[b]	6.91±0.83[d]	6.15±0.76[b]	5.29±0.72[e]
	Tocopherol	7.65±0.68[a]	6.95±0.67[c]	6.21±0.48[ab]	5.41±0.66[d]
	BHA	7.65±0.72[a]	7.07±0.46[b]	6.19±0.56[ab]	5.52±0.48[b]
	Oxygen absorber	7.63±0.53[b]	7.14±0.88[a]	6.31±0.63[a]	5.62±0.73[a]
	N_2	7.63±0.53[b]	6.92±0.58[d]	6.22±0.52[ab]	5.46±0.65[c]
Overall acceptability	Control	7.37±0.36[c]	6.48±0.72[d]	5.42±0.35[e]	4.57±0.58[e]
	Tocopherol	7.41±0.62[b]	6.67±0.54[c]	5.92±0.68[d]	5.26±0.72[d]
	BHA	7.47±0.59[a]	6.75±0.87[b]	6.02±0.47[b]	5.42±0.43[b]
	Oxygen absorber	7.37±0.36[c]	6.98±0.46[a]	6.17±0.52[a]	5.57±0.52[a]
	N_2	7.37±0.36[c]	6.75±0.58[b]	5.97±0.82[c]	5.36±0.66[c]

[1)]Means with the same alphabet in each row are not significantly different ($p<0.05$).

기름으로 튀긴 정어리버어거에 대한 관능검사에서 색상, 조직, 전반적 기호도 등이 대조구에 비하여 항산화제 처리구가 높은 값의 선호도를 나타내었다고 보고하여 본 실험과 유사하였다. 한편 맛, 조직, 전반적 기호도의 평가에서도 저장기간이 늘어나면서 모든 시료의 선호도가 낮아지는 경향을 보였는데 특히, 다른 처리구보다 대조구의 선호도가 낮은 것으로 나타났다.

이상의 관능평가에 의해 색상, 향, 맛, 조직, 전반적 기호도 등을 조사한 결과 20℃에 비하여 40℃에서 저장한 뱀장어뼈튀김의 품질이 비교적 빨리 저하되는 것으로 나타났으며 시료 간에 비교를 해보면 대조구보다 토코페롤, BHA, 탈산소제, 질소가스 처리구 등이 양호한 것으로 평가되었는데 그중 탈산소제 처리구가 관능적인 선호도에서 가장 높은 값을 나타내었다. 이는 탈산소제에 의한 장어뼈튀김의 산화억제효과와 연관이 있으리라 판단된다.

국문요약

본 연구는 양식 뱀장어뼈튀김의 저장 중 저장온도 및 포장방법에 따른 지질의 산화를 알아보기 위하여 수행하였다. 뱀장어뼈튀김은 40℃와 20℃에서 60일 동안 저장하면서 산가, 과산화물가, 지방산 조성 등을 조사하였는데 저장온도가 높을수록 지질의 산패는 빠르게 진행되었으며 산가와 과산화물가는 저장기간 중 20℃보다 40℃에서 더 높게 나타났다. 또한 20℃와 40℃에서 저장한 뱀장어뼈튀김의 산화억제에는 탈산소제 처리구가 가장 효과적이었으며 그 다음이 질소가스, BHA, 토코페롤 순이었다. 뱀장어뼈튀김의 지방산 조성은 단일불포화지방산, 포화지방산, 고도불포화지방산 순으로 많았으며 주요 구성지방산은 oleic acid, palmitic acid, linoleic acid 등이었다. 저장 중 저장온도가 높고 저장기간이 길어짐에 따라 포화지방산은 증가하고 단일불포화지방산과 고도불포화지방산은 감소하는 경향을 나타내었다. 여러 처리구중 탈산소제를 동봉하여 포장한 뱀장어뼈튀김의 지방산 조성은 대조구, 토코페롤, BHA, 질소가스 처리구에 비하여 변화가 가장 적었다. 관능검사에서 색상, 향, 맛, 조직, 전반적이 기호도 등은 탈산소제 처리구가 가장 선호도가 높았으며 그 다음이 BHA, 질소가스, 토코페롤, 대조구 순으로 나타났다.

참고문헌

1. Ames, B N., Hollstien, M C. and Catheart, R.: Lipid peroxidation and oxidative damage to DNA. Academic Press Inc, New York, USA, p. 339 (1982).
2. Rojo, JA. and Perkins, EG.: Cyclic fatty acid monomer-formation in frying fats. Determination and structural study. J. Am. Oil Chem. Soc., 64, 414-421 (1987).
3. Carlson, B L. and Tabacchi, M H.: Frying oil deterioration and vitamin loss during foodservice operation. J. Food Sci., 51, 218-223 (1986).
4. Shamberger, R J., Shamberger, B A. and Wills CE.: Malonaldehyde content of food. J. Nutrition., 107, 1404-1407 (1977).
5. Chu, YH. and Luo, S.: Effect of sugar, salt and water on soybean oil during deep-frying. J. Am. Oil Chem. Soc., 71, 897-900 (1994).
6. Kitagawa, K., Ohta, S. and Okuda, H.: Influences of heating methods of fryer on the deterioration of frying oil. J. Jap. Oil Chem. Soc., 41, 1071-1076 (1992).
7. Scott, G.: Enzymatic oxygen removal from packaged foods. Food Technol., 12, 7-10 (1958).
8. 이영수, 김동훈: 착색투명셀로팬 및 피리딘, 벤조페논, 파라아미노벤졸산 등으로 처리된 무색투명셀로팬으로 덮은 식용대두유의 직사광선에 의한 산패에 대하여, 한국식품과학회지, 4, 239-244 (1972).
9. Hedrick, T I. and Glass, L.: Chemical change in milk during exposure to fluorescent light. J. Milk Food Technol., 38, 129-133 (1975).
10. Sherwin, E R.: Antioxidants for vegetable oils. J. Am. Oil Chem. Soc., 53, 430-438 (1976).
11. 손종연, 임재호, 손홍수: 참치유의 산화 안전성에 미치는 일부 합성 및 천연 항산화제의 효과, 한국식품영양학회지, 8, 88-92 (1995).
12. 최진호, 임채영, 배태진, 변대석, 윤태헌: 천연 및 양식 뱀장어와 붕장어의 지질 성분 비교, 한국수산학회지, 18, 439-446 (1985).
13. Newton, I. and Snyder, D.: Nutritional aspects of long-chain omega-3 fatty acid and their use in bread enrichment. Cereal Food World., 42, 126-131.
14. 조희숙, 박복희: 양파즙과 마늘즙이 붕장어의 저장 과정 중 지방산화 및 품질 특성에 미치는 영향, 한국조리과학회지, 16, 135-142 (2000).
15. 이강호, 조호성, 이종호, 심기환, 하영래: 어육의 배소에 의

한 지질산화에 관한 연구, 한국수산학회지, 30, 708-713 (1997).
16. 김경희, 김기숙 : 꽁치 저장 시 마늘즙과 레몬즙 처리가 어육의 지질산패 및 색에 미치는 영향, 한국조리과학회지, 9, 94-98 (1993).
17. 김혜영, 임양이 : 인삼과 송이를 첨가한 조리장어제품의 저장 및 살균방법에 따른 품질변화에 관한 연구, 한국조리과학회지, 19, 396-402 (2003).
18. 김진수, 최종덕, 구재근 : 식품소재로서 어류뼈의 성분 특성, 한국농화학회지, 41, 67-72 (1998).
19. Folch, J., Lees, M. and Sloane, G H.: A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. J. Biol. Chem., 226, 497-509 (1957).
20. 식품의약품안전청 : 식품공전, pp. 22-25 (2004).
21. Metcalfe, L D., Schmitz, A A. and Pelka, JR.: Rapid preparation of fatty acid esters from lipids for gas churomatographic analysis. Anal. Chem., 38, 514-515 (1966).
21. 식품의약품안전청 : 식품공전, pp. 22-25 (2004).
22. 조영제, 김태진, 심길보, 최영준 : 소건 대멸치 지질의 산화억제에 미치는 항산화 제와 포장의 병행효과, 한국수산학회지, 33, 238-242 (2000).
23. 이주원, 신효선 : 녹차 물추출물의 항산화효과, 한국식품과학회지, 25, 759-763 (1993).
24. 이응호, 정숙현, 조인영, 차용준, 김세권 : 고등어튀김 중간수분식품의 저장안정성, 한국식품과학회지, 15, 353-358 (1983).
25. 임치원, 김진수, 주동식, 이응호 : 정어리버어거의 동결저장 안정성, 한국농화학회지, 35, 260-264 (1992).
26. White, PJ.: Methods for measuring changes in deepfat frying oil. Food Technol., 45, 75-80 (1991).
27. 이진영, 안명수 : 가열산화 대두유의 돌연변이원성, 한국식품과학회지, 32, 1213-1220 (2000).
28. 박건영, 정보경, 김애경, 박경애, 조성자, 곽재은, 장민수, 배청호, 조남준 : 패스트 푸드점 튀김식품의 안전성 평가, 한국식품위생안전성학회지, 19, 55-59 (2004).
29. Warner, K. and Mount, TL.: Frying stability of soybean and canola oil with modified fatty acid composition. J. Am. Oil Chem. Soc., 70, 983-988 (1993).
30. 이응호, 김진수, 안창범, 주동식, 이정석, 손광태 : 고등어버어거의 동결저장 안정성, 한국농화학회지, 36, 58-63 (1993).