

어류양식용 사료의 위생화. II. 어류양식용 사료의 조성분과 지방산화에 대한 방사선 조사 및 butylated hydroxyanisole의 효과

김세라·오 현·이해준·이종환·조성기*·변명우*·김성호

전남대학교 수의과대학

*한국원자력연구소 방사선식품공학팀

(2001년 6월 14일 게재승인)

Hygiene of fish feed. II. Effect of gamma radiation and butylated hydroxyanisole on the chemical composition and lipid oxidation of fish feed

Se-ra Kim, Heon Oh, Hae-june Lee, Jong-hwan Lee, Sung-kee Jo*,
Myung-woo Byun* and Sung-ho Kim

College of Veterinary Medicine, Chonnam National University

*Food Irradiation Team, KAERI

(Accepted by June 14, 2001)

Abstract : The chemical composition of fish feeds (mackerel, gizzard shad, shrimp and formula feed) were analyzed and compared with those of untreated and irradiated (5 kGy) feeds, and the effects of gamma irradiation (5 kGy) and butylated hydroxyanisole (BHA, 200 ppm) on feeds spoilage were investigated by determination of thiobarbituric acid (TBA) value and peroxide value for 14 days at 20°C, 4°C or -20°C. Crude protein, crude lipid, crude fiber, crude ash and nitrogen free extract were not significantly changed by gamma irradiation with the dose of 5 kGy. Immediately gamma irradiation increased the initiative oxidation of feeds as expected. But BHA was found to be greatly effective in minimizing the radiation-induced peroxidation ($p < 0.05$). The TBA value and peroxide value increased with the elapse of the storage period. The level of lipid oxidation was increased depending on the rise in storage temperature. But the additions of BHA inhibited the lipid oxidation ($p < 0.05$).

Key words : gamma-radiation, chemical composition, lipid oxidation, butylated hydroxyanisole (BHA), fish feed

서 론

양식어업이 경영되기 시작한 1950년경부터 주로 생어, 가축과 가금의 내장, 그리고 번데기 및 곡류 등의 먹이를 사용하였으나, 이들은 보존 및 시간적 경과에 따른 유지분의 산화와 같은 문제가 생겨, 사료로서는 불완전

하였고, 또 이를 섭취한 어류에 있어서 영양성 질병이 다발하는 등의 문제가 생기기도 하였으며, 자연 사료의 보존(냉동) 및 질병의 예방을 목적으로 한 사료의 가열처리를 행함에 있어서, 양식업을 경영하는데는 많은 시간적, 경제적인 문제점이 있다¹⁻³.

양식어류의 사료는 어종에 따라 양식생산 단가의 30-

이 논문은 2000년도 및 2001년도 원자력기초연구사업 연구비 지원에 의하여 수행되었음.

Address reprint requests to Dr. Sung-ho Kim, College of Veterinary Medicine, Chonnam National University, Kwangju 500-757, Korea (E-mail: shokim@chonnam.ac.kr)

60%를 차지하고 있으며 따라서 저가의 사료 개발이 주요 관심사이다. 최근 양어용 배합사료의 개발이 추진되고 있으나 어류의 섭식습관, 영양소 요구량, 대체 단백질원 등이 포유류와 상이하여 많은 어려움이 있다. 양어용 사료는 고등어, 까나리, 새우, 전어, 전갱이 및 기타 잡어를 그대로 사용하는 생어사료, 생어사료에 배합사료를 일정비율로 혼합하는 습사료가 주로 사용된다. 오늘날 어류양식에서는 생어사료의 대체 사료가 없으며 영양소 요구와 어류의 생리적 특성으로 인하여 생어사료의 사용은 필수적이며 따라서 이에 수반된 생어사료의 영양소 파괴와 산패방지를 위하여 냉동보관하고 양식장에서 사료제조시 신속한 처리와 사료 투여기간의 단축 등의 방법이 단순히 권장되고 있는 상황이다⁴.

세계 각국에서 식품에 사용되는 보존제나 훈증처리(ethylene dibromide, ethylene oxide, methyl bromide 등)가 유해성분의 생성 및 잔류로 발암성 등 건강 장애를 일으킬 수 있기 때문에 그 사용이 금지되거나 제한되고 있다. 대체기술로서 phosphine 등을 사용하는 화학훈증이 고려될 수 있으나 이 역시 유독성 물질들로서 작업자의 건강위해나 환경오염, 해충류의 내성 등 장기적 관점에서 효과적인 방안이 되지 못한다^{5,7}.

산업적으로 가장 많이 이용되고 있는 감마선은 투과력이 강하여 제품을 완포장된 상태로 연속처리할 수 있어 살균처리 후 재포장에 따른 2차 오염의 방지와 에너지의 효율을 높일 수 있고, 제품의 품온상승(국제적으로 건전성이 허가된 10 kGy 조사시 물과 같은 열용량을 가진 산물에서 약 2.4°C 상승)에 따른 성분의 파괴를 최소화하고 외관의 변화를 막을 수 있는 냉온살균살충방법이며, 화학훈증제나 보존제와는 달리 유해성분의 생성이나 잔류성분이 없다는 장점과 처리시 환경조건의 영향을 거의 받지 않는 특징이 있다. 또한 방사선 조사기술은 기존의 방법에 비하여 에너지 소요가 월등히 적어 경제적 측면과 제품의 품질유지면에서도 장점으로 고려되어지고 있다⁸.

다른 식품의 위생화 방법과 같이 이온화 방사선 에너지는 일부 민감한 영양소, 특히 비타민의 수준에 영향을 줄 수 있다. 방사선 조사가 영양소에 미치는 영향이 식품조사의 관점에서 연구되어지고 있다⁹⁻¹².

양어용 생어사료의 지질은 저장 기간 저장 온도 등에 따라 산화가 일어나고 이에 따른 각종 장애가 알려져 있으나 감마선 조사의 효과 및 영향에 대한 연구는 전무하다. 본 연구에서는 감마선 조사에 대한 양어용 사료의 영양학적 연구의 일환으로 방사선 조사 후 생어사료 및 배합사료의 조성분 변화와 저장 온도 및 저장기간에 따른 사료의 산패정도와 항산화제로서 BHA 첨가에 따른

변화를 파악하고자 하였다.

재료 및 방법

시료 및 방사선 조사

조성분 변화 시험에서는 양어용 생어사료로서 양식장에서 사용하는 신선한 상태의 냉동 고등어, 전어, 새우를 사용하였고 시판중인 배합사료 중 한 종류(아쿠아퍼팩트 2호, 우성사료주식회사)를 사용하였다. 산패도 측정 시험에서는 살아 있는 전어를 사용하였다. 마쇄한 각 시료를 비닐봉지를 사용하여 진공포장하였다. 감마선 조사는 한국원자력연구소에 소재하는 감마선 조사시설(선원: ⁶⁰Co, 10만 Ci)을 이용하여 분당 80 Gy의 선량율로 시료에 5 kGy의 최종 흡수 선량을 받도록 하였다. 흡수 선량의 확인은 ceric cerous dosimeter (USA)를 사용하였고 흡수선량의 오차는 ± 2 Gy 였다.

사료의 조성분 변화 측정

조성분으로 수분, 조단백질, 조지방, 조섬유, 조회분 및 가용무질소물을 정량분석하였다. 조성분의 변화는 각 시료에 대한 방사선 조사 후 즉시 시행하였다. 정량분석을 위하여 일반성분 분석방법(proxymate analysis)을 적용하였는데, 간단히 설명하면 수분 함량은 시료를 105°C에서 3시간 이상 가열하여 수분을 증발시킨 후 고형분의 양을 역산하여 산출하였고, 조단백질의 함량은 킬달(Kjeldahl) 단백질 정량방법으로 측정하였다. 조지방의 함량은 유기용매인 에테르에 4시간 이상 접촉시켜 시료 중 지방을 추출하고 에테르를 증발시킨 후 잔량을 산출하였으며, 조섬유의 함량은 지방정량이 끝난 시료를 약산과 약알카리로 끓인 후 잔량을 측정하였고, 상기 시료를 다시 550°C에서 3시간 이상 회화시킨 후 회분량을 제외하여 조섬유 함량을 측정하였다. 조회분의 함량은 시료를 550 내지 600°C에서 3시간 이상 태운 후 휘발되지 않고 남은 무기물을 회분으로 하였으며, 가용무질소물은 100에서 상기와 같이 측정된 수분, 단백질, 지방, 섬유 및 회분의 함량을 뺀 나머지 값으로 산출하였다. 결과는 각 시료를 6회 반복 측정한 평균수치로 나타냈다.

지방산패도 측정

항산화제로는 BHA(sigma Chemical Co.)를 사용하였으며, 생어사료 g 당 BHA를 200 ppm 농도로 혼합하였다. 방사선을 조사하거나 조사하지 않고, BHA를 혼합하거나 혼합하지 않은 시료에서 각각의 저장온도(20°C, 4°C 또는 -20°C)와 저장기간(0, 3, 7, 14일)에 따른 과산화물가 및 thiobarbituric acid(TBA)가를 측정하였다. 과산화물가의 측정은 AOCS 법¹³에 따라 측정하였다. 즉 시

료에 지질추출용 용매용액(chloroform-methanol solution)을 첨가하여 지질을 추출하고 지질에 35 ml의 chloroform : acetic acid (2 : 3) 용액 가하여 용해시키고 KI 포화수용액 0.5 ml를 가한 후 1분간 충분히 진탕하고 5분간 암소에 보관한 후 증류수 75 ml와 전분지시약 1 ml를 가하고 0.005 N Na₂S₂O₃로 적정하여 과산화물가를 측정하였다. TBA 가는 Turner 등의 방법¹⁴에 따라 측정하였다. TBA 가는 지방의 2차 산화생성물인 malonaldehyde의 양을 정량하는 지방산화 측정법의 하나로 이용되고 있다. 시료 0.5 g에 20% TCA 용액(trichloroacetic acid in 2M phosphoric acid) 5 ml과 0.01M TBA 용액 10 ml을 가한 후 균질화하고 30분 동안 끓는 물에 중탕 가열한 후 10분 동안 얼음에서 냉각시켰다. Isoamylalcohol-pyridine (2:1)을 15 ml 첨가하여 2분 동안 잘 섞은 후, 원심분리하고 그 상등액을 spectrophotometer(UV-1601PC, Shimadzu Co., Tokyo, Japan)로 538 nm에서 흡광도를 측정하였다. 결과는 각 시료를 3회 측정하여 평균 및 표준편차를 구하였다.

결 과

방사선 조사에 의한 사료의 조성분 변화

Table 1~Table 4에서 보는 바와 같이, 감마선을 조사한 생어사료(고등어, 전어, 새우) 및 배합사료 시료에서 방사선을 조사하지 않은 시료와의 조성분의 차이는 관찰되지 않았으며 따라서 5 kGy 용량의 방사선을 조사하여도 사료의 조성분에는 변화가 없는 것을 알 수 있었다.

방사선 조사에 의한 지방산패도

Table 5 및 Table 6에서와 같이 TBA가 및 과산화물가는 저장온도의 상승, 저장기간의 경과에 따라 증가되었으며, BHA를 혼합한 시료에서 BHA를 혼합하지 않은 시료에 비하여 낮게 나타났다($p < 0.05$). TBA 가에서 방사선에 의한 초기산패는 BHA 투여 여부에 관계없이 각

Table 1. The effects of irradiation (5 kGy) on the chemical composition in mackerel (%)

	Treatment	
	Untreated sample	Irradiated sample
Moisture	61.85	62.52
Crude protein	19.26	20.19
Crude lipid	10.71	10.41
Crude fiber	0.13	0.20
Crude ash	2.36	2.79
Nitrogen free extract	5.69	4.16

Table 2. The effects of irradiation (5 kGy) on the chemical composition in gizzard shad (%)

	Treatment	
	Untreated sample	Irradiated sample
Moisture	69.31	70.32
Crude protein	13.99	14.45
Crude lipid	10.96	11.64
Crude fiber	0.35	0.09
Crude ash	2.53	3.22
Nitrogen free extract	2.86	0.28

Table 3. The effects of irradiation (5 kGy) on the chemical composition in shrimp (%)

	Treatment	
	Untreated sample	Irradiated sample
Moisture	83.98	83.43
Crude protein	10.00	9.92
Crude lipid	0.42	0.30
Crude fiber	1.87	1.38
Crude ash	2.51	3.58
Nitrogen free extract	1.22	1.39

Table 4. The effects of irradiation (5 kGy) on the chemical composition in formula feed (%)

	Treatment	
	Untreated sample	Irradiated sample
Moisture	9.14	8.73
Crude protein	37.74	40.50
Crude lipid	6.97	6.91
Crude fiber	1.23	1.43
Crude ash	10.86	12.35
Nitrogen free extract	34.06	30.08

각의 대조군에 비하여 증가되었으며 냉동저장(-20°C)의 경우를 보면 BHA를 혼합한 시료는 무처리 대조군에 비하여 방사선 조사 후 0일에 70.2%, 3일에 69.6%, 7일에 65.2%, 14일에 79.8%의 낮은 수치를 나타냈고($p < 0.05$), BHA를 혼합한 후 방사선을 조사한 시료는 방사선만을 조사한 시료에 비하여 0일에 70.1%, 3일에 63.0%, 7일에 72.9%, 14일에 84.7%의 낮은 수치를 나타냈다($p < 0.05$). 과산화물가에서도 방사선에 의한 초기산패는 증가하였으며 냉동저장(-20°C)의 경우를 보면 14일째에 BHA를 혼합한 시료는 무처리 대조군에 비하여 78.1%의 낮은 수치를 나타냈고($p < 0.05$), BHA를 혼합한 후 방

Table 5. Effects of irradiation (5 kGy) on TBA values (OD 538) of gizzard shad during storage at 20°C, 4°C or -20°C

Temperature (°C)	Treatment	Storage period (day)			
		0	3	7	14
20	Untreated	0.618±0.054 ^a	1.473±0.173 ^a	1.964±0.211 ^a	2.946±0.314 ^a
	Irradiation	0.820±0.067 ^b	1.715±0.210 ^a	2.038±0.208 ^a	3.260±0.417 ^a
	BHA	0.184±0.021 ^c	0.314±0.023 ^b	0.651±0.028 ^b	1.173±0.113 ^b
	BHA + irradiation	0.245±0.031 ^d	0.442±0.087 ^b	0.862±0.062 ^c	1.233±0.098 ^c
4	Untreated	0.618±0.041 ^a	1.052±0.101 ^a	1.467±0.171 ^a	2.280±0.196 ^a
	Irradiation	0.820±0.043 ^b	1.243±0.096 ^a	2.081±0.213 ^b	2.515±0.336 ^a
	BHA	0.184±0.021 ^c	0.299±0.019 ^b	0.568±0.064 ^c	1.145±0.107 ^b
	BHA + irradiation	0.245±0.017 ^d	0.379±0.031 ^c	0.657±0.071 ^c	1.129±0.093 ^b
-20	Untreated	0.618±0.041 ^a	0.800±0.073 ^a	0.984±0.061 ^a	1.721±0.134 ^a
	Irradiation	0.820±0.077 ^b	0.813±0.069 ^a	1.280±0.143 ^b	1.558±0.176 ^a
	BHA	0.184±0.009 ^c	0.243±0.018 ^b	0.342±0.014 ^c	0.348±0.024 ^b
	BHA + irradiation	0.245±0.031 ^d	0.301±0.031 ^c	0.267±0.021 ^d	0.264±0.029 ^c

TBA values within the same storage periods and same storage temperatures with different italic letters were significantly different ($p<0.05$).

Table 6. Effects of irradiation (5 kGy) on peroxide values (meq/kg) of gizzard shad during storage at 20°C, 5°C or -20°C

Temperature (°C)	Treatment	Storage period (day)			
		0	3	7	14
20	Untreated	0	12.71±0.85 ^a	46.87±3.31 ^a	94.37±3.01 ^a
	Irradiation	0	33.05±2.21 ^b	58.95±3.41 ^b	129.59±8.21 ^b
	BHA	0	0	8.65±0.67 ^c	41.49±3.26 ^c
	BHA + irradiation	0	1.12±0.09 ^c	11.97±1.43 ^d	54.71±4.38 ^d
4	Untreated	0	2.12±0.07 ^a	22.13±1.13 ^a	50.45±4.98 ^a
	Irradiation	0	16.76±0.71 ^b	31.09±1.76 ^b	49.29±3.31 ^a
	BHA	0	0	0	28.48±2.31 ^b
	BHA + irradiation	0	0	1.32±0.12 ^c	28.98±1.23 ^b
-20	Untreated	0	0	0	23.24±2.64 ^a
	Irradiation	0	0	0	28.77±3.10 ^a
	BHA	0	0	0	5.10±0.86 ^b
	BHA + irradiation	0	0	0	8.69±0.67 ^c

Peroxide values within the same storage periods and same storage temperatures with different italic letters were significantly different ($p<0.05$).

사선을 조사한 시료는 방사선만을 조사한 시료에 비하여 69.8%의 낮은 과산화물가를 나타냈다($p<0.05$).

고 찰

고선량의 방사선을 조사하는 방사선 식품조사에서 다수의 연구가 영양학적 측면에서 진행되었다. 방사선 조사에 의한 영양소의 손실은 조사량의 증가에 따라 증가되나 이들 영양소의 손실 정도는 다양하다. 대부분의 영

양소는 방사선 조사에 대하여 매우 안정하나 일부 비타민은 상당한 영향을 받는다. 영양학적 측면에서 비타민의 손실, 단백질 및 지방질의 변화를 우려하고 있으나, 감마선에 의한 이러한 변화는 거의 무시될 수 있으며, 비타민의 경우 일부 비타민의 손실은 인정되나 가열처리 등 기타 다른 식품위생화를 위한 방법에 의한 손실 보다는 경미하다. 단백질 및 지방질을 포함한 영양소의 변화에 있어서도 감마선 조사는 국제적으로 안전성이 인정된 10 kGy 이상의 높은 선량에서도 타 가공법에 비

하여 변화가 적으며, 결론적으로 다량의 영양소와 미네랄의 생체 이용률 및 영양가는 방사선 조사에 의해 영향을 받지 않았다고 확인되었다¹⁵⁻¹⁷.

어류양식에 있어서 영양학적 측면을 보면, 어류의 단백질 요구량은 다른 가축에 비하여 월등히 높다. 이것은 자연환경에서 유래한 먹이 습성으로 인해 어류는 탄수화물을 이용할 수 있는 능력이 부족하기 때문이다. 단백질의 이용효율은 포유동물 또는 조류에서 보다 어류에서 높으며, 육식성 어류는 탄수화물을 잘 이용하지 못하는 것으로 알려져 있으며 많은 양의 에너지를 단백질로부터 공급받는다. 따라서 어류에서 적당량의 단백질 또는 아미노산을 사료에 공급하지 않으면 결핍증을 유발하게 된다. 사료내의 지질은 단백질이나 탄수화물보다 단위 중량 당 가용 에너지 함량이 높아서 중요한 에너지 자원일 뿐 아니라, 어류의 필수 지방산과 지용성 비타민의 공급원으로도 중요한 역할을 한다. 가축에 있어 탄수화물은 가장 경제적인 에너지 공급원으로서 상당한 영양학적 가치를 부여하지만, 어류는 자연환경에서 유래한 먹이 습성으로 인해 탄수화물의 체내 이용효율이 극히 낮다. 육식성 양생어류의 먹이는 주로 단백질로 구성되어 있으며, 따라서 성장 및 활동 에너지 욕구의 충족은 거의가 단백질로부터 유래한다. 비타민은 생명력의 유지에 필수적이며 특히 어류에서는 사료의 산화생성물의 독성과 산화과정중의 비타민류 파괴에 의한 비타민의 결핍증을 유발하게 된다. 따라서 산화지질에 함유된 과산화물의 장애효과를 감소시키고 사료내에 포함된 다량의 지질 대사를 촉진하기 위하여 대부분 양식에서 따로 첨가하고 있다¹⁸⁻²³. 따라서 어류의 사료를 가공하는 과정에서 이들 영양소의 변화를 극소화하는 것이 매우 중요하다.

본 연구의 결과 다량의 영양소에서 방사선 조사에 의한 변화가 인정되지 않았으며 이는 45 kGy의 방사선을 고등어에 조사한 결과 단백질의 질은 방사선의 영향을 받지 않았으며, 고등어 단백질의 아미노산 조성에서도 변화가 없었다는 보고를 비롯한 대부분의 연구⁵에서 방사선 조사가 다량의 영양소에 변화를 주지 않는다는 보고와 일치하였다. 따라서 양어용 사료에 대한 방사선 조사가 어류의 영양소 요구의 관점에서 부정적 영향을 미치지 않을 것으로 사료된다.

해산어류의 경우 잡어인 생어사료를 갈아서 모이스트 펠렛으로 투여하는 경우가 많다. 이와 같은 사료의 원료가 되는 잡어는 다량의 지방, 특히 불포화지방산을 가지고 있으며, 이를 냉동상태에서도 장기간 보관하면 산화되고 이를 어류에 투여하면 영양성 질병이 발생된다. 어류가 지니는 불포화지방은 쉽게 변질된다. 어류가 지닌 지방분해효소 때문에 지방이 분해되어 변질되고 또한

공기중의 산소에 의해 지방이 산화되어 변패된다. 과산화지질이 분해되어 생긴 알데히드는 강한 독성을 지니므로 심한 장애를 일으킨다. 간장, 비장, 신장, 소화관의 점막상피 괴사를 일으키고, 이들 실질 세포 내에 세로이드(ceroid)로서 축적된다. 세로이드는 쉽게 분해되지 않으며 배설되지 않으므로 그 축적이 증가되며 나아가 각 장기의 기능장애와 기능저하로 어류는 방어 능력을 상실하여 약해진다. 그 결과 피부염, 녹간증, 한지증, 등여웁병, 근육의 젤리화, 복수병, 간장비대증, 비장비대증, 빈혈 등의 증상으로 대량 폐사되는 경우도 있으며, 세균성 질병이나 기생충 질병에 대한 저항력이 감퇴되어 발병하기도 한다^{2,3,24-26}.

지방산화는 식용유지나 지방질 성분이 공기중의 산소와 화학적으로 반응하는 산화반응에 의해 냄새나 맛의 변화에 기인되는 산패를 말한다. 대표적인 지방산화는 자동산화, 광산화, 가열산화이다. 자동산화는 지방질에 열이 가해지지 않은 상태에서 자연발생적으로 공기중의 산소를 흡수함으로써 일어나는 것으로 활성작용기(라디칼)의 연쇄반응으로 물리, 화학적 변화가 초래되어 산패가 일어나는 가장 일반적인 산화를 말한다. 이와 같은 지방질의 산화는 필수지방산과 지용성비타민의 손실을 일으켜 식품의 품질을 저하시킬 뿐만 아니라 산화에 의해 생성되는 여러 종류의 알코올류, 알데히드류, 케톤류 등의 산화생성물들이 생체 내에서 각종 장애를 일으키는 것으로 알려지고 있다²⁷⁻²⁹. 이온화 방사선의 경우, 식품중의 여러 성분들, 심지어는 물분자의 균일분열(homolytic cleavage)의 결과 형성되는 매우 강력한 활성 라디칼인 hydroxy radical을 포함한 여러 종류의 활성라디칼들이 형성되어 많은 연쇄반응들을 일시에 유발한다³⁰. 식품의 위생화를 위한 이온화 방사선 조사는 특히 지방질 식품의 산패 촉진³¹에 의한 급속한 품질저하로 그 사용이 제한되기도 하였다. 한편 이와 같은 지방질의 산화를 억제하기 위해서 산소제거³², 자외선차단^{33,34}과 같은 물리적 방법과 산화방지제를 첨가^{35,36}하는 화학적 방법이 있으며, 이중 널리 이용되고 있는 방법은 항산화제를 직접 첨가하는 것이다. 지질의 자동산화 및 광산화를 억제하는 산화방지제로서는 천연항산화제와 합성항산화제가 있으며, 현재 가장 많이 사용하고 있는 항산화제로는 천연 항산화제인 아스코르빈산(ascorbic acid), 토코페롤류(tocopherols)와 합성 항산화제인 프로필 갈레이트(propyl gallate), 부틸레이티드 하이드록시에니솔(butylated hydroxyanisole), 부틸레이티드 하이드록시톨루엔(butylated hydroxytoluene), 터셔리 부틸레이티드 하이드록시 퀴논(tertiary butylated hydroxyquinone) 등이 있으며 이들 항산화제는 산소존제나 고온조건에서 기질의 유리 라디칼 생성을 지연시키거나 활성을 저해

함으로써 지방질의 산화를 억제시킨다. 천연 항산화제는 단독사용으로는 산화 연쇄반응 저지 능력이 낮고 가 격이 비싼 점, 지방질에 대한 용해성이 없는 등의 단점이 있다³⁷.

본 연구에서 사용된 BHA는 양어용 생어사료의 자연 산패 및 방사선에 의한 초기산패에 효과가 있었으며 농 립부에서 고시된 사료의 공정규격의 미량 첨가 사료의 사용제한 범위(300 ppm)내에서도 충분한 효과를 나타 냈다.

결 론

양어용 사료로 사용되는 생어사료(고등어, 전어, 새우) 및 배합사료에 대한 방사선 조사(5 kGy) 후 조성분의 변 화와, 사료의 방사선 조사에 의한 산패정도 및 BHA(200 ppm)의 효과를 저장온도(20°C, 4°C, -20°C) 및 저장기간 (0, 3, 7, 14일)에 따라 측정하였다. TBA가 및 과산화물 가를 산패도 측정에 적용하였다. 5 kGy의 방사선 조사 에서 사료의 조성분은 변화되지 않았다. 방사선 조사에 의한 초기산패는 증가되었으며, BHA 첨가에 따라 양어 용 생어사료의 자연산패 및 방사선에 의한 초기산패는 억제되었으며($p < 0.05$) 농립부에서 고시된 사료의 공정규 격의 미량 첨가 사료의 사용제한 범위(300 ppm)내에서 도 충분한 산패억제 효과를 나타냈다.

참고문헌

1. 배승철, 김규일, 김정대 등. 어류양식과 사료. 삼광출 판사, 서울:17-100, 1998.
2. 전세규. 담수산 양식어류의 질병. 한국수산신보사, 서 울, 1996.
3. 전세규. 양식어류의 질병-해산어편. 한국수산신보사, 서 울, 2000.
4. 부산대학교 해양산업개발연구소. 양식사료영양. 부산 대학교 출판부, 부산:1-38, 1998.
5. WHO. High-dose irradiation: Wholesomeness of food irradiated with doses above 10 kGy. Report of a joint FAO/IAEA/WHO study group. *Technical Report Series*, 890, 1999.
6. IAEA. Irradiation of red meat. A compilation of technical data for its authorization and control. *IAEA-tecdoc-902*, 1996.
7. Diehl JF. Food irradiation: is it an alternative to chemical preservatives? *Food Addit and Contam*, 9:409-416, 1992.
8. Brynjoifossn A. Food-energy-developing countries-food irradiation. *IAEA-SM-250/26*, 421, 1981.
9. ICGFI. Safty & wholesomeness of irradiated foods, *Food Irradiation Newsletter (FAO/IAEA)*, 11, 1987.
10. Diehl JF. Nutritional effects of combining irradiation

with other treatments. *Food Control*. January:20-25, 1991.

11. Kilcast D. Effect of irradiation on vitamins. *Food Chem*, 49:157-164, 1994.
12. Thayer DW, Fox JB, Lakritz L. Effect of ionizing radiation on vitamins, In Thorne S, ed *Food Irradiation*, Elsevier Applied Science Publishers, London:11, 285-325, 1991.
13. A.O.C.S. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society, 4th ed., American Oil Chemists' Society, Champaign, IL., Cd8-53, 1990.
14. Turner EW, Paynter WD, Montie EJ, et al. Use of the 2-thiobarbituric acid reagent to measure rancidity in frozen pork. *J Agric Food Chem*, 8:326-330, 1954.
15. Raica N Jr, Scott J, Nielsen W. The nutritional quality of irradiated foods. *Radiat Res Rev*, 3:447-457, 1972.
16. Josephson ES, Thomas MH, Calhoun WF. Nutritional aspects of food irradiation: an overview. *J Food Processing and Preservation*, 2:229-313, 1978.
17. Dieh JF, Hasselmann C, Kilcast D. Regulation of food irradiation in the European Community: is nutrition an issue? *Food Control*, 2:212-219, 1991.
18. Roberts RJ. The nutritional pathology of teleosts, In Roberts RJ, ed *Fish pathology*, 2nd ed, Bailliere Tindall, London:337-362, 1989.
19. Walton MJ, Cowey CB, Adron JW. Methionine metabolism in rainbow trout fed diets of differing methionine and cystine contents. *J Nutr*, 112:1525-1535, 1982.
20. Walton MJ, Cowey CB, Adron JW. The effect of dietary lysine levels on growth and metabolism of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Br J Nutr*, 52:115-122, 1984.
21. Jauncey K. Carp (*Cyprinus carpio* L) nutrition: A review. *Recent Adv Aquaculture*, 1:215-264, 1982.
22. Bell MV, Cowey CB, Adron JT. Effects of dietary polyunsaturated fatty acid deficiencies on mortality growth and gill structure in the turbot *Scophthalmus maximus*. *J Fish Biol*, 26:181-191, 1985.
23. Post Graduate Committee in Veterinary Science, University of Sydney. Fish diseases, *Refresher Course for Veterinarians*, Proceedings 106:87-94, 1988.
24. Ferguson HW. Systemic pathology of fish. Iowa State University Press, Ames:146-157, 1989.
25. Lovell RT, Miyazaki T, Rabegnator S. Requirement for alpha-tocopherol by channel catfish fed diets low in polyunsaturated triglycerides. *J Nutr*, 114:894-901, 1984.
26. Noga EJ. Fish disease diagnosis and treatment. St. Louis, Mosby, 1996.
27. Mukai FN, Goldstein BD. Mutagenicity of malonaldehyde, a decomposition product of peroxidized polyunsaturated fatty acids. *Science*, 191:868-869, 1976.
28. Shamberger RJ, Andreone TL, Wills CE. Antioxidants and cancer. IV Initiating activity of malonaldehyde as a carcinogen. *J Natl Cancer Inst*, 53:1771-1775, 1974.

29. Shamberger RJ, Shamberger BA, Wills CE. Malonaldehyde content of food. *J Nutr*, 107:1404-1407, 1977.
30. Diehl JF. Radiolytic effects in foods. In Edward SJ, Martin SP, ed *Preservation of food ionizing radiation*, 1st ed, CRC Press, Florida:280-357, 1982.
31. Wills ED. Studies of lipid peroxide formation in irradiated synthetic diets and the effects of storage after irradiation. *Int J Radiat Biol Relat Stud Chem Med*, 37:383-401, 1980.
32. Scott G. Enzymatic oxygen removal from packaged foods. *Food Technol*, 12:7-10, 1958.
33. Lee YS, Kim DH. Effect of colored transparent cellophane films and colorless transparent cellophane films coated respectively with pyridine, benzophenone and *p*-aminobenzoic acid in the sunlight accelerated oxidation of edible soybean oil. *Korean J Food Sci Technol*, 4:239-244, 1972.
34. Hedrick TI, Glass L. Chemical changes in milk during exposure to fluorescent light. *J Milk Food Technol*, 38:129-133, 1975.
35. Sherwin ER. Antioxidants for vegetable oils. *J Am Oil Chem Soc*, 53:430-436, 1976.
36. Ohshima T, Yankah VV, Ushio H, et al. Antioxidizing potentials of BHA, BHT, TBHQ, tocopherol, and oxygen absorber incorporated in a Ghanaian fermented fish product. *Adv Exp Med Biol*, 434:181-188, 1998.
37. Peers KE, Coxon DT, Chan HW-S. Autooxidation of methyl linoleate: The effect of antioxidants on product distribution. *J Sci Food Agric*, 35:813-817, 1984.