

- 총 설 -
오메가 3계 지방산 강화 식품류의 연구개발 동향

이희애 · 유익종[†] · 이복희*

한국식품개발연구원

*중앙대학교 식품영양학과

Research and Development Trends on Omega-3 Fatty Acid Fortified Foodstuffs

Hui-Ai Lee, Ick-Jong Yoo[†] and Bog-Heu Lee*

Korea Food Research Institute, Sungnam 463-420, Korea

*Dept. of Food and Nutrition, Chung-Ang University, Ansung 456-756, Korea

Abstract

Omega-3 fatty acids have been major research interests in medical and nutritional science relating to life sciences since after the epidemiologic data on Greenland Eskimos reported by several researchers clearly showed fewer per capita deaths from heart diseases and a lower incidence of adult diseases. Linolenic acid(LNA) is an essential fatty acid for human beings as well as linoleic acid(LA) due to the fact that vertebrates lack an enzyme required to incorporate a double bond beyond carbon 9 in the chain. In addition the ratio of omega-6 and 3 fatty acids seems to be important in terms of alleviation of heart diseases since LA and LNA competes for the metabolic pathways of eicosanoids synthesis. High consumption of omega-3 fatty acids in seafoods may control heart diseases by reducing blood cholesterol, triglyceride, VLDL, LDL and increasing HDL and by inhibiting plaque development through the formation of antiaggregatory substances like PGI₂, PGI₃ and TXA₃ metabolized from LNA. Omega 3 fatty acids also play an important role in neuronal developments and visual functioning, in turn influence learning behaviors. Current dietary sources of omega-3 fatty acids are limited mostly to seafoods, leafy vegetables, marine and some seed oils and the most appropriate way to provide omega-3 fatty acids is as a part of the normal dietary regimen. The efforts to enhance the intake of omega-3 fatty acids due to several beneficial effects have been made nowadays by way of food processing technology. Two different ways can be applied: one is add purified and concentrated omega-3 fatty acids into foods and the other is to produce foods with high amounts of omega-3 fatty acids by raising animals with specially formulated feed best for the transfer of omega-3 fatty acids. Recently, items of manufactured and marketed omega-3 fatty acids fortified foodstuffs are pork, milk, cheese, egg, formula milk and ham. In domestic food market, many of them are distributed already, but problem is that nutritional informations on the amounts of omega-3 fatty acids are not presented on the labeling, which might cause distrust of consumers on those products, result in lower sales volumes. It would be very much wise if we consume natural products, result in lower sales volumes. It would be very much wise if we consume natural products high in omega-3 fatty acids to promote health related to many types of adult diseases rather than processed foods fortified with omega-3 fatty acids.

Key words: omega-3 fatty acids, food processing technology, omega-3 fatty acid fortified foodstuffs

서 론

식이지방은 그 신비한 성질로 인해 고대 로마인들은 식물성유 중 올리브유를 즐겨 먹었으며 몸에 바르기도 하였고 오늘날의 미국인들은 생선유 캡슐을 약으로서 복용하기도 한다. 우리나라에서도 건강보조식품

제재인 생선유(예: 심해상어간유, 대구간유, 연어유) 제품을 상시 복용하는 등 서구와 유사한 경향이 널리 퍼져 있다. 지난 10여년 동안 생선이나 생선유가 건강에 미치는 영향에 대해 관심이 고조된 것으로 생선섭취가 많을수록 관상동맥경화에 의한 사망률이 감소한다는 보고를 비롯하여(1), 일주일에 최소한

[†]To whom all correspondence should be addressed

두번 정도만 생선을 먹어도 관상동맥경화에 의한 사망률이 감소될 수 있었음이 보고되었기 때문이다(2). 이러한 연구결과는 과거에 서구사회에서만 문제가 되었던 심혈관질환이 우리나라에서도 성인 사망원인 질병 제 1위를 차지하는 것으로 나타나면서 이 질병의 예방과 치료는 생명과학분야의 중요한 연구과제가 되고 있다.

최근 기능성(functionality)이 강화된 식품류의 개발이 활성화되고 있는 이즈음 생선이나 생선유는 ω 3계 지방산이 풍부한 식품으로서 식물성유 중 대두유(soybean oil), 아마인유(linseed oil), 채종유(rapeseed oil) 등과 함께 심혈관질환의 예방과 치료에 잠재적 효과와 관련하여 의학 및 영양학 등의 학문분야에서 활발히 연구되고 있는 식품류이다. ω 3계 지방산이 인체에 미치는 생화학적 및 생리적 영향은 무엇보다도 혈장 중성지방을 저하시키며 혈소판 응집을 방해하고 atherogenesis에 중요한 역할을 담당하는 granulocyte와 monocyte 기능을 방해하는 것으로 밝혀졌다(3). 이와 같은 ω 3계 지방산이 인체에 미치는 유익한 영향으로 인해 이를 식품에 부여하여 체내에서 특정한 작용을 발현하도록 부가가치를 높여준 여러 가지 기능성 식품이 학계는 물론 식품가공 및 제조업체의 연구팀 등에 의해 계속적으로 개발되고 있는 추세이다. 따라서 본고에서는 ω 3계 지방산의 생화학적 특성과 인체에 미치는 영향을 고찰하고 이를 활용한 ω 3계 지방산 강화 기능성 식품류의 연구 개발 동향과 이들 식품의 제한점을 살펴봄으로써 바람직한 제품 개발을 유도하고 국민건강을 올바르게 유도하고자 한다.

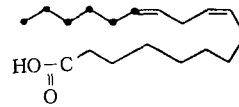
ω 3계 지방산과 대사적 필수성(Essentiality)

Burr와 Burr(4)가 동물 실험을 통해 필수지방산의 존재를 강조한 후 초기에는 ω 6계 지방산인 linoleic acid(LA)를 중심으로 지방산의 필수성이 강조되었으며 ω 3계 지방산으로서 α -linolenic acid(α -LNA, C18 : 3)가 처음 분리된 것은 100여년 전의 일이지만 ω 3계 지방산이면서 α -LNA 보다 탄소사슬이 더 길고 이중결합이 더 많은 eicosapentaenoic acid (EPA, C20 : 5)와 docosahexaenoic acid(DHA, C22 : 6)의 역할이 생명과학 분야에서 강조되기 시작한 것은 비교적 최근의 일이다.

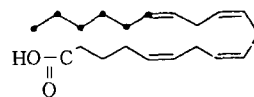
지방산(fatty acids)은 지방(lipids)의 가장 간단한 형태로서 직선상의 탄화수소(hydrocarbon)로 이루어져 있으며 직선상의 한쪽 끝에 1개의 카르복실기(carboxylic acid group)가 있어 분자식은 R-COOH로 표시한다. 보통 지방산은 탄소수가 4~24개 정도로서 이중결합의 유무에 따라 포화지방산과 불포화지방산으로 나눌 수

있다. 불포화지방산은 분자 내에 1개 또는 그 이상의 이중결합을 가지고 있는 지방산으로 이중결합의 존재는 지방산의 기하이성질체 현상(geometric isomerism)에 의해 cis형이나 trans형의 기하이성체가 생성되게 된다. 천연 중에 존재하는 불포화지방산은 일반적으로 cis형이며 trans형은 부분적으로 수소첨가된 지방(fat)이나 유지(oil)에서 생겨나게 된다.

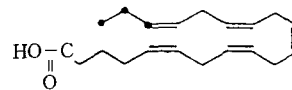
불포화지방산의 이름을 표시하는 시스템에는 여러 가지 방법이 있을 수 있으나 최근 사용되고 있는 ω 시스템에 의한 명명법은 지방산 고리 말단의 ω 위치에 있는 메틸기(-CH₃)로부터 가장 가까운 위치에 있는 탄소가 최초의 이중결합을 가질 때 그 탄소의 번호를 붙여 불포화지방산의 이름을 명명하는 것이다. 따라서 이와 같은 방법에 따라 명명할 경우 ω 3, ω 6, ω 9의 3등급으로 불포화지방산을 구분하게 되며 각 계열별 지방산종류는 다음과 같다. ω 3 계열에 속하는 지방산은 linolenic acid(LNA, C18 : 3), eicosapentaenoic acid(EPA, C20 : 5), docosapentaenoic acid(DPA, C22 : 5), docosahexaenoic acid(DHA, C22 : 6)가, ω 6계 지방산은 linoleic acid(LA, C18 : 2), arachidonic acid(AA, C20 : 4), docosatetraenoic acid(DTA, =adrenic acid, C22 : 4)가, ω -9계 지방산으로는 oleic acid(C18 : 1), eicosatrienoic acid(C20 : 3), docosatrienoic acid(22 : 3) 등이 있다(Fig. 1).



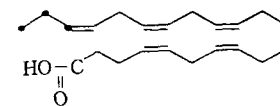
LINOLEIC ACID (18 : 2, w-6)



ARACHIDONIC ACID (20 : 4, W-6)



EICOSAPENTAENOIC ACID=EPA (20 : 5, W-3)



DOCOSAHEXAENOIC ACID=DHA (22 : 6, W-3)

Fig. 1. Structures of some ω 6 and ω 3 series fatty acids(5).

지방을 식이로부터 완전히 배제할 경우 성장이 지연되고(growth retardation), 피부염(dermatitis), 지방간(fatty liver), 신장손상(kidney lesion), 생식능력 저하 및 조기 사망 등의 신체이상이 초래되었으며 이러한 현상은 linoleic acid, linolenic acid 및 arachidonic acid 등의 불포화지방산이 함유된 기름을 재공급하였을 때 개선된다고 하는 것이 밝혀지므로써 이들 불포화지방산의 필수성이 인정되었다. 그러나 상기에 언급한 임상적 증상은 주로 $\omega 6$ 계 지방산에 의해 개선되었으며 일반적으로 지방간, 피부염, 성장지연 등에 대한 $\omega 3$ 계 지방산에 의한 개선효과는 분명치 않았다. 즉, 사람을 대상으로 실시한 임상실험에서 $\omega 3$ 계 지방산이 결핍되었을 때 피부염과 성장지연 등이 관찰되었으나 대부분의 결핍증은 신경학적 증상과 연관된 것들로서 $\omega 3$ 계 지방산이 결핍된 식이를 지속할 경우 학습능력 저하, 비정상적인 electroretinogram, 시력손상, 신경학적 기능장애(neurological dysfunction) 등의 임상증상이 발현되었으며(6), 어린 영장류(infant primates)의 경우에는 성장, 피부, 생식계통은 정상적이었으며 사람에게서 나타난 임상증상과 동일한 증상과 함께 다음다갈증(多飲多渴症)(polydipsia)이 나타났음이 보고되었다(7).

최근 $\omega 3$ 계 지방산이 부족했을 때 초래되는 생화학적 변화와 임상적 변화를 근거로 $\omega 3$ 계 지방산의 영양학적 중요성이 더욱 부각되고 있으며 $\omega 3$ 계 지방산 중 장쇄 다가불포화지방산인 EPA, DHA의 생성에 관한 대사과정에 대한 연구도 활발하다. Linolenic acid는 자연계에 널리 분포되어 있기는 하나 대두유, 채종유 등 일부 식물성유 및 녹색채소류에 비교적 높은 농도로 함유되어 있으나 $\omega 6$ 계 지방산에 비해 식품에 제한적으로 분포되어 있다. 반면 EPA, DHA 등은 바다의 해조류, phytoplankton, 어패류 및 바다포유류에만 분포되어 있다. 생체내에서 DHA는 뇌조직, 망막(retina), 정자(spermatozoa)에 고농도로 존재하며 또한 체내 인지질막 성분에 함유되어 있다(8).

Linolenic acid는 triglyceride(TG)와 cholesteryl ester(CE)에 ester결합 상태로 존재하며 phospholipid(PL)에는 소량만 ester결합을 하고 있다. EPA는 TG, CE, 및 PL에 ester결합을 이루고 있으며, DHA는 두뇌의 구조성 인지질인 phosphatidyl ethanolamine, phosphatidyl choline 및 phosphatidyl serine 등에 가장 풍부하게 함유되어 있다. $\omega 3$ 계 지방산이 중요한 구성물질을 이루는 인지질은 생체막 조직의 필수인자로서 막에 관련된 효소의 활성화, 막수송, 수용체 기능에 필수적인 역할을 한다고 한다(9).

대사상 LA는 일련의 desaturation과 elongation 단계

를 통해 AA로 전환이 되고 LNA는 EPA와 DHA로 전환이 되는데 이 대사과정의 발생장소는 사람의 leukocytes와 간으로서 이 두가지 지방산은 그 구조의 유사성으로 인해 세포내 효소반응에서 desaturase에 대해서도 경쟁관계에 있게 된다. 그러나 $\Delta-4$ 와 $\Delta-6$ desaturase는 기질로서 $\omega 6$ 계 지방산보다 $\omega 3$ 계 지방산을 더 선호하는 것으로 나타났으며(10), 최근 LA와 LNA로부터 AA와 DHA가 생성되는 과정은 기존에 알려져 왔던 elongation과 desaturation 과정에 의해서만 이루어지는 것이 아니라 β -oxidation에 의해 진행되는 세번째 대사과정인 retroconversion(역과정)이 있음이 밝혀지고 있다(11). 즉, 쥐의 liver microsome을 이용한 연구에서 DHA합성이 C22 : 5 ω -3에서 C22 : 6 ω -3으로 직접 만들어지는 것이 아니라 C24 : 5 ω -3 → C24 : 6 ω -3 → C22 : 6 ω 3의 단계를 거쳐 만들어진다고 한다(12). 마찬가지로 $\omega 6$ 계 지방산도 C22 : 4 ω 6와 C22 : 5 ω 6가 β -oxidation을 포함한 역과정에 의해 C20 : 4 ω 6를 생성될 수 있음이 보고되었다(13). 이러한 장쇄 다가불포화지방산의 새로운 생합성과정 중 β -oxidation 과정은 peroxisomes에서 일어나는 것으로 추정되며 따라서 C22 : 5 ω 6와 C22 : 6 ω 3의 생성량은 peroxisomes의 적절한 기능에 의존적이고 장쇄지방산의 선천적 대사이상(inborn errors of metabolism of long-chain fatty acids)인 Zellweger syndrome과 adrenoleukodystrophy와 같은 질병에서 peroxisomes의 기능이 심하게 손상되어 있음이 또한 보고되었다(12). 만일 이러한 생합성과정이 peroxisomes에서 일어나는 것이 확실할 경우 이들 질환의 치료에 DHA의 투여가 상당한 기여를 할 수 있으리라 추정된다. 그러나 이에 대한 정확하고 자세한 연구가 더욱 요구되는 연구영역으로 보인다.

한편 쥐에게 cholesterol 섭취를 많이 시킬 경우 $\Delta-5$ 와 $\Delta-6$ desaturase의 활성이 감소되며 그 결과 AA(20 : 4 ω 6)와 LA(18 : 2 ω 6)의 생성이 감소되었고 또한 체내의 장쇄 다가불포화지방산 유도체 함량은 사람이 섭취하는 식이 급원에 의존적인 것으로 알려졌다. 즉, 고지방 생선과 생선유에 함유된 EPA와 DHA를 많이 섭취한 사람은 LA와 AA 대신에 이들 두 지방산의 혈장과 조직 중 농도가 상승하게 되며 반면에 LA섭취가 많은 채식주의자는 LA와 AA의 농도는 상승하였으며 EPA와 DHA의 농도는 감소하였다. 대부분의 식물성 식용유는 LNA 함량이 비교적 적으며 LA 함량은 높아서 체내 중 LNA 함량이 아주 높은 일부 조직을 제외하고는 조직에서 LNA로부터 EPA와 DHA의 합성을 저하시킨다(14). 따라서 어느 한가지 지방산이 너무 많게 되면 오히려 다른 하나의 부족을 초래할 수 있어 이들

두 지방산의 균형잡힌 섭취는 매우 중대한 문제로 대두되고 있다.

LA의 최소요구량은 열량섭취의 약 1~2%로 알려졌다. Holman 등(15)은 LNA가 부족한 조제분유를 total parenteral nutrition(TPN)으로 공급한 여아에게서 LNA 부족의 경우를 보고하므로서 LNA 최소 요구량은 열량 섭취의 0.5~0.6%라고 하였다. Bjerve(16)는 성인의 LNA 최소 요구량은 열량섭취의 0.2~0.3%, 장쇄 다가불포화지방산의 최소 요구량은 열량섭취의 0.1~0.2%라고 보고하였다. 그러나 LNA가 부족했을 때 결핍증으로 인해 ω 3계 지방산의 정확한 요구량은 아직 설정되어 있지 않으며 바람직한 ω 6/ ω 3계 지방산 비율도 정확히 알려져 있지 않으므로 더욱 많은 연구가 수행되어야 할 것으로 보인다.

ω 3계 지방산이 인체에 미치는 영향

ω 3계 지방산의 인체에 미치는 영향에 대한 연구가 활성화되기 시작한 것은 북서부 그린랜드 에스키모인들을 대상으로 실시한 역학조사 결과, 생선이나 생선유 등에 풍부한 ω 3계 지방산을 많이 섭취하는 인구집단에서 관상동맥경화증과 같은 심혈관질환 등의 발병률이 낮았음이 보고되면서 부터였다. 즉, 1800명의 그린랜드 에스키모인 중에서 25년 동안 단 3명에서 심장병이 발생한 것에 비해 같은 기간 중 덴마크인에게는 40명의 환자가 발생하였다고 한다(17). 앞서 Bang 등(18)은 덴마크인과 그린랜드 에스키모인 간의 혈중 콜레스테롤 함량을 조사하였는데 Table 1에 나타난 바와 같이 총 콜레스테롤 함량은 혈액 100ml당 덴마크인이 273mg, 에스키모인이 233mg으로 덴마크인에서의 콜레스테롤 함량이 에스키모인에 비해 40mg이나 더 높았고 중성지방도 덴마크인은 129mg으로 에스키모인에 비해 무려 72mg이나 높게 나타났다. 이러한 현상에 대한 원인을 살펴보기 위해 덴마크인과 에스키모인의 식이지방 섭취 형태에 따른 총 지방산 중 각 지방산 비율을 조사한 결과(Table 2) 에스키모인은 포화지방산을 현저히 적게 섭취하였고, P/S비율도 덴마크인에 비해 4배나 높게 나타났으며 이들 두 집단의 혈중 지방양상의 차이는 식이의 차이로 에스키모인의 주 섭취식품인 어류에 함유되어 있는 EPA, DHA 등의 ω 3계 지방산의 영향으로써 이의 높은 섭취가 이들 질병 예방에 효과가 있다는 사실을 알게 되었다. 이를 시점으로 하여 ω 3계 지방산이 인체에 미치는 영향에 대한 연구가 지난 20여년 동안 활발히 이루어져 왔다. Parkinson 등(19)은 알래스카 남서부의 강변이나 해안가에 거주하는

Table 1. Total cholesterol and triglyceride levels in Greenland Eskimos and Danish Men(12)

Type of dietary fat	Mean values(mg/100ml) ¹⁾	
	Eskimos	Danes
Total cholesterol	233	273
Triglyceride	57	129

¹⁾For both differences, $p < 0.001$

Table 2. Percentage of total fatty acids by types of dietary fat in Eskimo and Danish diets(12)

Type of dietary fat	% Total fatty acids in diets	
	Eskimos	Danes
Saturated	22.80	52.70
Monounsaturated	57.30	34.60
Polyunsaturated	19.20	12.70
P/S ratio	0.8	0.2

80명의 에스키모인들과 비원주민간의 지방산 함량을 비교하였는데 비원주민에 비해 원주민에게서 총 혈장 ω 3계 지방산 함량과 EPA, DHA 함량이 각각 4.3, 13, 6.8배 더 높게 나타났으며 또한 이들 지방산은 강변에 사는 주민 보다 해안에 사는 주민에게서 더 높게 나타났다. 이러한 연구의 결과는 어류가 ω 3계 지방산의 공급원으로 좋은 역할을 한다는 것을 시사하며 이들의 효과에 대한 활발한 연구가 지속적으로 이루어지고 있다.

지금까지 ω 3계 지방산이 인체에 미치는 영향에 대한 연구 결과는 대단히 다양하나 대체로 몇가지 부분으로 구분해 볼 수 있겠다. 우선 ω 3계 지방산의 주요한 영향은 동맥경화, 혈전증, 혈압 등 심혈관질환의 예방과 치료에 매우 효과가 있는 것으로 밝혀졌으며 ω 3계 지방산이 영향을 미치는 기전은 혈액 중의 중성지방, 콜레스테롤, HDL-cholesterol, HDL-triglyceride 등을 감소 혹은 상승시키는 것과 ω 3계 지방산으로부터 생성되는 eicosanoids 중 항혈전 작용이 있는 물질 합성의 촉진 및 혈전생성 촉진물질의 생성 억제를 통해 이들 질병의 치료 및 예방을 가져오는 것으로 나타났다. 한편 ω 3계 지방산은 인체의 성장과 발달에 중요한 영향을 미치는데 특히 뇌, 망막, 기타 신경 조직의 성장과 발달에 직접적인 영향을 주는 것으로 보고되었다(20).

ω 3계 지방산이 심혈관질환에 미치는 효과를 규명하기 위하여 많은 실험들이 수행되었는데 그 중에서 여러 인종을 대상으로 실시한 역학조사를 살펴보면 그린랜드인에게 일일 14g의 ω 3계 지방산을 섭취시키기 위해 생선과 고래고기를 400~500g을 급여하였을 때 관상동맥성 심장질환으로 인한 사망률이 감소한 결과를 나타냈으며(21) 생선 섭취가 높은 일본인에게서도 유사한 결과가 관찰되었고(22) 또한 네덜란드인에게 일

일 30g의 생선 급여시 관상동맥성 심장질환으로 인한 사망이 50% 감소되었다고 한다(2). ω 3계 지방산의 심혈관질환의 감소를 초래하는 기전을 밝히기 위해 많은 연구에서 혈액지질 분획농도의 변화양상을 관찰하였다. 김과 박(23)의 연구에 의하면 여성에게 식이지방을 총 열량 섭취량의 27% 수준으로 급여하되 실험군에게 기본식이와 동일한 지방 함량의 25%를 세가지 종류(ω 6 급원, 옥수수유 : ω 3 linolenic acid 급원, 들깨유 : ω 3 EPA+DHA 급원, 어유)를 사용하여 실험한 결과의 기점으로 대치하여 기본식이군과 같이 2주간 급여하였을 때 혈장 총 콜레스테롤은 어유 급여시 유의적으로 감소하였으며 옥수수유 급여에 의해 유의적인 증가를 나타내었다. 또한 혈장 중성지질 함량은 어유에 의해 가장 많이 감소되었으며 이들 지방산의 혈장 지질 저하 능력은 EPA+DHA>linolenic acid>linoleic acid 순으로 나타났다고 하였다. 박과 한(24)은 여성을 대상으로 식이지방(총 열량 섭취의 30%)의 포화지방과 단순불포화지방의 총량을 같게 하고 ω 6, ω -3, EPA+DHA를 충분한 양의 토크페롤과 함께 1주간 급여하여 혈청 내 지단백, 지질조성, 토크페롤, malondialdehyde 형성에 미치는 영향을 조사한 결과 고밀도지단백-콜레스테롤 함량은 ω 3계열 중 EPA+DHA에 의해서만 유의하게 증가하였으며 혈청 중성지질의 농도도 역시 EPA+DHA에 의해서 유의성있게 감소하였다고 하였다.

한편 이러한 ω 3계 지방산의 효과를 살펴보기 위해 동물을 이용하여 실시한 실험 중에서 Choi와 Park(25)은 ω 3계 지방산의 급여가 혈장 지질 저하효과와 과산화수준에 미치는 영향을 알아보기 위해 쥐에게 사료내 지방을 15% 수준으로 첨가하고 ω 6계 지방산 급원으로는 옥수수유를, ω 3계의 모지방산 급원으로는 들깨유, ω 3계의 장쇄불포화지방산인 EPA+DHA의 급원으로는 어유를 급여하여 실험하였다. 어유 급여시에 콜레스테롤과 고밀도지단백-콜레스테롤량이 유의적으로 낮게 나타났고 혈장 콜레스테롤 저하 능력은 ω 3 EPA+DHA> ω 3> ω 6 순으로 나타났다. 또한 정어리유, 대두유, 돈지로 쥐의 혈액 지질, 적혈구막 인지질의 지방산 조성 및 혈장과 간에서의 지질 과산화에 미치는 영향을 조사한 실험에 의하면(26), 혈장 총 콜레스테롤과 중성 지질함량은 정어리유 급여시 낮게 나타났고 적혈구막 인지질의 지방산 조성에서도 정어리유 급여시에 ω 3계 지방산은 증가하고 ω 6 지방산은 감소하였다고 한다. 혈장과 간에서의 지질과산화물 함량에 있어서는 정어리유 급여가 늘어날수록 증가하였으며 토크페롤의 함량은 역으로 감소하였다.

이상의 결과를 종합하여 볼 때 ω 3계 지방산은 혈액

중 중성지방과 콜레스테롤 함량의 저하를 유도하고 고밀도지단백-콜레스테롤 함량을 상승시키는 것을 알 수 있었다. 그러나 지방분획별로 항상 일관된 결과가 관찰된 것은 아니며 HDL-cholesterol 농도에 대해서는 상반된 견해가 많으며 오히려 VLDL-cholesterol 함량이나 VLDL-triglyceride 함량에 대한 효과가 더욱 큰 것으로 보고하고 있다(26).

ω 3계 지방산 중 EPA와 DHA는 arachidonic acid의 생성을 억제하므로써 혈액내 cholesterol과 TG 수준을 증가시키는 강력한 혈관수축인자(vasoconstrictor)인 thromboxane A₂의 생산을 감소시키며 혈관이완작용을 하는 thromboxane A₃ 생성을 촉진한다고 하였다(27). 따라서 전에는 ω 6계 불포화지방산이 다량 함유된 식물성유의 섭취가 권장되어 왔으나 최근의 연구결과에서 ω 3계 지방산이 ω 6계 지방산 보다 탁월한 효과가 있는 것으로 밝혀져 단순히 ω 3계 지방산의 절대적인 함량만을 중요시하기 보다는 ω 6/ ω 3의 비율이 중요하다는 것이 제안되었다. 이전에는 P/M/S의 비율의 중요성만을 강조해 정상인의 경우 1 : 1 : 1이 바람직하다고 제안되기도 하였으나 그 이후 P/M/S 비율은 물론 P 자체 내에서도 ω 6/ ω 3 비율이 적절해야 함이 강조되면서 잠정적으로 모유의 비율 범위인 4/1~10/1을 권장하고 있다(28).

Ackerman(29)은 EPA와 DHA는 뇌세포를 구성하는 뇌지질 조성 성분으로 중추 신경계에 있어서 매우 중요한 지방산이라고 하였으며 Lee와 Kim(30)은 쥐에게 EPA와 DHA를 공급하였을 때 뇌조직의 지방산 조성 과 학습행동에 나타나는 영향을 포화지방산과 ω 6계 지방산과 비교하여 살펴보고자 하였는데 EPA가 많은 정어리유 급여군과 DHA가 많은 참치유 급여군이 옥수수유, 쇠기름 급여군에 비해 뇌조직내의 EPA와 DHA의 수준이 높았다고 하며 이는 식이내의 EPA가 체내에서 효율적으로 DHA로 전환되어 뇌에 축적되었음을 시사하며 미로검사결과에서도 EPA와 DHA 함량이 높은 어유급여군이 옥수수유군이나 쇠기름군 보다 빠른 경향을 나타내므로써 ω 3계 지방산의 급여가 학습효과 증진에 도움을 줄 것이라고 하였다.

그러나 ω 3계 지방산의 인체에 미치는 영향에 관한 실험결과에서 관찰된 이론과 다른 측면의 연구결과도 보고되고 있다. 즉, 토끼에게 무 콜레스테롤 사료와 1.5% 콜레스테롤 첨가 사료, 2ml의 정제어유농축물 첨가 사료를 각각 급여하여 사육한 연구에 따르면 토끼에게 어유를 급여하였을 때 오히려 혈중 콜레스테롤 함량이 증가하였는데 그러한 현상의 원인이 소화, 흡수된 어유가 체내 지단백에 혼입된 후 산화지단백이 되

어 대사되므로써 동맥경화의 진행에 영향을 주지 않았는가 추론했다. 이 실험은 동맥경화증의 발병에 있어서 산화된 저밀도지단백의 또 다른 영향을 밝힌 결과로서 그 의의를 지니며 이 연구의 결과에 비추어 볼 때 어류의 급여가 실험동물과 인체의 건강에 미치는 효과에 관한 연구가 더욱 많이 수행되므로써 명확한 기전을 구명할 수 있는 노력이 있어야겠다(31).

ω3계 지방산의 급원

일반적인 지방급원과 그 지방산 조성은 Table 3과 같으며 각 급원에 따른 지방산 조성 비율이 다르게 나타나고 있다. ω3계 지방산의 식이급원은 대체로 생선, 잎야채(leafy vegetables), 해물 및 종실유(seed oils)에 한정되어 있으며 ω3계 지방산을 공급하는 가장 적절한 방법은 정상적인 식사형태에 의한 것이 좋으며 이런 관점에서 볼 때 생선과 해산물이 적절한 급원으로 사료된다. 생선과 해산물의 지방과 지방산 함량은 species 내에서 또한 species 간에 현저한 차이가 있어서 ω3계 지방산 공급원으로서 그 분포도에 차이가 많은 편이다. 생선의 총 지방 함량은 근육 100g당 약 1~25g 정도 분포되어 있으나 생선의 평균 지방 함량은 5% 미만이다(32). 생선의 PL, cholesterol 및 TG 함량은 생선조직 100g당 각각 0.4~0.7g, 0.025~0.06g, 1~20g 정도이다. ω3계 지방산의 급원으로 농어(bass), 대구(cod, haddock), 북대서양 대구(hake, pollock), 유럽산 대구(whiting), 가다랭이(skipjack), 가리비(scallop), 새우(shrimp), 대합조개(clam) 및 송어(trout) 등은 지방 함량이 매우 낮으나 연어(salmon), 참치(tuna), 날개다랑어(albacore), 줄삼치(bonito), 멸치(anchovy), 청어(herring), 고등어

(mackerel), 정어리(pilchard), 전갱이(pompano) 등의 생선은 지방 함량이 12% 까지 된다. 생선의 지방은 피하 지방층에 주로 분포하며 특히 아갑딱지 및 목부위에 많으며 dark muscle이 light muscle 보다 지방 농도가 2~3배 더 높다. 생선의 중성지방은 약 50종 이상의 지방산을 함유하나 8~10종의 지방산이 주종을 이룬다. TG의 약 23~25%가 포화지방산이, 20~35%가 단일 불포화지방산이, 그 나머지는 대부분 다가불포화지방산이다. PL은 불포화지방산의 저장고로서 약 0.5g/100g 근육(0.4~1.5 g 분포) 농도로 함유되어 있으며 인지질의 약 1/3이 ω3계 지방산으로 생선 100g당 90mg 정도를 함유한다. 호수산 송어(lake trout), 무지개 송어(rainbow trout), 창꼬치(pike)와 같은 담수어(fresh water fish)는 EPA+DHA의 함량이 각각 40, 27, 30%씩을 함유하여 매우 좋은 ω3계 지방산의 급원이며, 동시에 ω6계 지방산도 상당량 함유되어 있다. 일반적으로 양식 생선 보다는 자연산 생선이 ω3계 지방산 함량이 더 높은 경향을 보인다(33). 생선을 ω3계 지방산 급원으로 활용할 때 주의할 사항은 생선의 종류에 따라 ω3 보다 ω6 지방산이나 ω9 지방산이 많은 경우도 있으며 지방 함량은 낮으면서 cholesterol 함량(예 : 조개류)이 높은 경우도 있으므로 이 점을 고려해야 한다.

Table 4에는 일반 어류와 패류에서의 지방산 조성을 나타내었는데 종의 차이나 심지어는 같은 종에서도 EPA와 DHA 함량의 차이가 나타났으며 이는 지리적 인 요인과 어획시기, 사료 공급 등에서 그 원인을 찾을 수 있다고 하였다(5). 어류에는 식물성유에는 함유되어 있지 않은 EPA, DHA가 풍부하게 함유되어 있어 ω3계 지방산의 공급원으로 매우 우수하나 사람이 직접

Table 3. Fatty acid contents of common fat sources(5)

Fat sources	Total fat(%)	Fatty acids(%)			
		SFA	MUFA	PUFA	Linoleic
Animal fats					
Lard	100	40	44	12	10
Tallow	100	48	42	4	4
Nuts					
Walnuts, black	60	5	11	41	37
Pecans	71	6	43	18	17
Peanuts	48	9	24	13	13
Cooking oils					
Safflower	100	9	12	74	73
Sunflower	100	10	21	64	64
Corn	100	13	25	58	57
Soybean	100	14	24	57	50
Cottonseed	100	26	19	51	50
Palm	100	48	38	9	9

SFA: Saturated fatty acids, MUFA: Monounsaturated fatty acids, PUFA: Polyunsaturated fatty acids

Table 4. The fat ω -3 polyunsaturated fatty acid content of common fishes and shellfish(5)
(g/100g fish)

	Fat	EPA	DHA
Fish			
Blue fish	6.5	0.4	0.8
Capelin	8.2	0.6	0.5
Carp	5.6	0.2	0.1
Catfish	3.7	0.2	0.2
Cod(Atlantic)	1.0	0.1	0.2
Dogfish	10.0	0.7	1.2
Flounder	1.0	0.1	0.1
Grouper	0.8	t	0.2
Haddock	0.7	0.1	0.1
Hake	0.6	t	t
Halibut	13.8	0.5	0.4
Herring	10.0	1.0	0.9
Mackerel	13.0	1.0	1.6
Perch(ocean)	1.5	0.1	0.1
Plaice	1.5	0.1	0.1
Pollock	1.0	0.1	0.4
Pompano	9.5	0.2	0.4
Salmon(Atl)	5.4	0.3	0.9
Salmon(Chinook)	10.5	0.8	0.7
Salmon(Coho)	6.0	0.3	0.5
Salmon(sockeye)	8.6	0.5	0.7
Sheepshead	2.4	0.1	0.1
Smelt(rainbow)	2.6	0.3	0.4
Snapper(red)	1.2	t	0.2
Sole	1.2	t	0.1
Swordfish	2.1	0.1	0.1
Trout(char)	7.7	0.1	0.5
Trout(lake)	9.7	0.5	1.1
Trout(rainbow)	3.4	0.1	0.4
Tuna(albacore)	5.0	0.3	1.0
Tuna(bluefish)	6.6	0.4	0.2
Tuna(skipjack)	1.9	0.1	0.3
Whiting	0.5	t	0.1
Crustaceans			
Crab(Alaska)	0.8	0.2	0.1
Crab(Blue)	1.3	0.2	0.2
Crayfish	1.4	0.1	t
Lobster	1.0	0.1	0.1
Shrimp	1.5	0.2	0.2
Spiny lobster	1.4	0.2	0.1
Mollusks			
Clam	0.7	0.1	0.1
Mussel	2.2	0.2	0.3
Octopus	1.0	0.1	0.1
Oyster	2.3	0.3	0.2
Scallop	0.8	0.1	0.1
Squid	1.5	0.1	0.2

t: trace amount

식품이 불가능하여 페인트의 원료로 사용되는 등의 공업용으로 사용되어 왔을 뿐 식용으로는 잘 이용되지 않았다. 따라서 1차적으로 동물에게 급여하여 ω 3계 지

방산을 강화한 축산물을 생산한 후 생산된 축산물을 2차적으로 사람이 섭취하는 방법이 많이 연구되어 왔다.

어류와 어유의 인체 적용에 대한 가능성의 연구 중 Hale 등(34)은 청어를 이용하여 제조한 캔 제품, 염지 제품, 소시지 제품을 소개하면서 이들 식품의 ω 3계 지방산 강화식품으로의 발전 가능성을 제시하였고 Lanier 등(35)은 surimi-based shellfish가 변화하는 소비자들의 요구에 부응할 수 있는지를 연구하였으며 Roch 등(36)은 양식어류와 야생어류에서의 ω 3계 지방산 함량을 비교하였다. Kinsella(37)는 해산물에 함유되어 있는 지질과 어유의 섭취가 인체건강에 미치는 영향을 기술하였는데 이들 지방산과 여러가지 질병과의 관계, 또한 어유의 안정성에 영향을 미치는 요인들, 특히 이들 어류를 이용한 식용 어유의 생산 기술을 제시하였다. Valenzuela 등(38)도 어유로부터 ω 3계 지방산을 추출하기 위한 기술적 접근과 ω 3계 지방산의 물리적 분리의 원리를 설명하였고 분리한 어유의 산화를 막는 방법, ω 3계 지방산을 식품에 어떻게 적용하여야 하는지를 나타내었다.

생선과 어유 이외의 ω 3계 지방산 공급원으로는 식물성유가 있으며 그 대표적 예로 아마인유, 채종유, 카노라유(총 지방산의 7%), 대두유(대두유 총 지방산의 약 7%), 들깨유(들깨기름 총 지방산의 60% 이상) 등을 들 수 있다. 식물성유에는 어취의 문제가 없어서 활용면에서 좋으나 양적인 측면에서 제한적으로 존재하는 단점은 있으나 잎이 많은 채소에 함유되어 있으므로 채소를 자주 많이 섭취하면 인체에 필요한 ω 3계 지방산을 섭취할 수 있다.

Chanmugam 등(33)은 linseed oil을 급여한 경우가 menhaden oil을 급여한 경우 보다 총 ω 3계 지방산의 수준이 더 높게 나타났다고 하였으며 full-fat linseed를 산란계에게 급여한 경우에도 sunflower seed를 급여한 경우보다 계란내 linolenic acid가 가장 많이 축적되었다고 한 연구 결과(39) 등이 보고되고 있어 동일한 ω 3계 지방산 공급원이라 하더라도 인체 내에 ω 3계 지방산을 축적시키는 정도에 차이가 있음을 시사하고 있다. 따라서 ω 3계 지방산 강화식품 개발의 측면에서 효율적으로 ω 3계 지방산을 축적시킬 수 있는 공급원에 대한 연구가 더욱 필요할 것으로 보인다.

ω 3계 지방산 강화식품의 연구 동향 및 그 제품 개발 현황

ω 3계 지방산이 우리나라 사망원인의 수위를 차지하는 심혈관계 질환의 치료와 예방에 효과가 있음이 밝혀

지고 이에 부가하여 암, 류마티즘 등의 병에도 그 효과와 상관관계가 있음이 보고되면서 식품 중의 ω 3계 지방산 농도를 증가시킨 기능성 식품 개발이 활기를 띠고 있다. 심혈관계 질환 및 암을 비롯하여 여러 가지 질병의 예방과 치료에 있어 ω 3계 지방산의 중요한 역할은 그린랜드 에스키모인을 대상으로 실시한 다양한 역학조사 및 관찰에 의해 명백해졌다(40). 즉, 에스키모인은 고지방식이에도 불구하고 심혈관질환, 당뇨 및 전선증 등과 같은 질병이 매우 드물었으며 이와 같은 사실은 에스키모인의 식이 중 EPA는 6g/일, DHA는 9g/일, LA 5g/일 섭취량이 밝혀지므로써 식이 중의 ω 3계 지방산과 이들 질환과의 밀접한 상관관계와 중요성에 대한 관심을 고조시켰다. 한편 에스키모인의 식이패턴은 서구인의 식습관을 대표하는 덴마크인(Danes)과 LA 섭취량을 비교해 볼 때 하루에 26g을 섭취하므로써 에스키모인과는 상당한 대조를 보이고 있다(41). ω 3계 지방산이 심혈관질환에 미치는 영향은 매우 다양하나 무엇보다도 VLDL, TG, chylomicron 등의 지단백질 분획 농도는 감소시키고 HDL과 같은 고밀도지단백질 농도를 증가시키므로써 혈중 지단백질 분획의 비율을 바람직한 방향으로 변화시키고 혈전생성을 감소시키므로써 인체에 유익하게 작용하는 것으로 알려져 있다(20). 그 밖에도 생선 및 생선유 등 ω 3계 지방산이 풍부한 식이를 섭취하였을 때 혈압강하(42), atherogenic, thrombogenic factors로서 familial hypercholesterolemia 환자의 risk factor인 혈중 lipoprotein(a)의 강하(43) 및 항염증 효과(44) 등도 관찰, 보고되었다. ω 3계 지방산의 항염증 작용은 특히 류마티즘과 같은 염증성 질환에 유효한 것으로 EPA와 DHA는 cyclo-oxygenase 효소를 두고 AA와 경쟁적으로 작용하므로써 염증을 증가시키는 LTB₄의 생성을 감소시키며 LTB₄는 관절염 환자에게서 그 농도가 증가된다고 한다(44). 따라서 일상 식이나 식품 중 ω 3계 지방산의 급여는 인체 건강 및 영양적 측면에서 매우 유익한 것으로 보이며 식품 중 ω 3계 지방산을 높여준 기능성 식품의 제조 및 개발은 중요한 의의가 있는 연구영역으로 판단된다.

식품 중 ω 3계 지방산 함량을 높이기 위한 방법은 식품에 정제·농축된 ω 3계 지방산을 첨가하거나 사료 중 ω 3계 지방산을 첨가, 동물에게 이행시켜 ω 3계 지방산이 강화된 식품으로 제조하는 두가지 방법이 있을 수 있다. 후자의 경우가 주로 ω 3계 지방산 강화 축산식품 제조에 활용되는 방법으로 연구의 초점은 사료 중 ω 3계 지방산 함량이 동물에게 얼마나 이행될 수 있으며 식품의 관능적 성질에 영향을 주지 않으면서도 유의한 양의 ω 3계 지방산을 이행시키도록 하는데 관심이

모아지고 있다. ω 3계 지방산 강화 축산 식품에 활용되는 축종으로는 육계, 산란계, 폐지, 기타 가금류 등을 들 수 있으며 최근에는 유우에서의 ω 3계 지방산 강화 시도가 이루어지고 있다.

육계의 경우 항산화제를 첨가하지 않고 full-fat linseed를 급여하였을 때 이의 급여가 계육내 총 ω 3계 지방산 조성에 유의적인 영향을 미쳤으며(45) 낱겨 혹은 가열한 full-fat canola seed와 full-fat linseed를 사료내 10%가 되도록 첨가하여 육계에 급여한 경우에는 가열처리에 의한 차이는 나타나지 않았으나 분쇄하여 급여하였을 때에는 그렇지 않은 경우에 비해 계육에서 총 ω 3계 지방산의 농도가 증가한 경향을 나타내었다(46). Hulan 등(47)은 육계에 redfish meal과 redfish oil을 급여하였을 때 두군 모두에서 가슴근육과 다리근육에서의 ω 3계 지방산 조성의 변화를 실험하였는데 사료내 이러한 지방의 급여가 도체의 지질 함량이나 조성에는 영향을 주지 않았으나 다리근육에 비해 가슴근육에서 총 ω 3계 지방산 함량이 더 높게 나타났으며 사료 급여 기간이 길어질수록 근육에서 EPA, DHA, DPA의 함량이 증가하였다. 또한 redfish meal을 사료내 0, 4, 8, 12%가 되도록 혼합하여 급여한 실험에서도 다리근육에 비해 가슴근육에서 ω 3계 지방산의 함량이 더 높게 나타났으며 숫 육계에 비해 암 육계에서 ω 3계 지방산 함량이 더 높게 나타났다고 한 결과로 보아 지방 축적 정도에 있어서 성별(sex) 차이가 있다는 것을 나타내었다(48). 그러나 육계에 어유를 급여할 경우에 어유의 첨가 수준이 높아지게 되면 육(肉)에서 어취가 나게 되는 문제점이 생기게 되므로 이를 막기 위한 적정수준이 결정되어야 하며 Stansby(32)에 따르면 사료내 2~6% 정도의 수준이 가장 효과적이라고 하였다.

타 축종에 비해 산란계에게 ω 3계 지방산을 급여하여 ω 3계 지방산 강화란을 생산하고자 하는 노력은 많이 이루어져 왔다. Ferrell(49)은 사료내 ω 3계 지방산 함량이 약 4~7%가 되도록 식용유를 첨가하여 산란계에게 급여, UNE's designer egg를 생산하였는데 이 계란은 외관, 맛 등이 일반란과 비슷하지만 ω 3계 지방산을 약 40mg/계란 정도 함유한다고 하였으며 Table 5에서 보는바와 같이 산란계에게 3%의 menhaden oil을 급여하였을 때 계란 중 linolenic acid, EPA, DHA가 모두 증가하였다. 관능검사 결과를 보면 scrambled egg에서는 일반란과 ω 3계 지방산 강화란 사이에 관능적 차이가 있었으나 hard cooked egg에서는 차이가 나타나지 않았다. 따라서 계란에 ω 3계 지방산 함량을 증가시킬 때 계란의 특징적인 기능, 조직 안정성, 관능적으로 수용할 만한 요건들을 모두 만족시켜 줄 수 있다면 이러

한 강화란의 소비는 증가하게 될 것이라고 하였다(50). Hargis 등(51)은 3%의 menhaden oil을 실험 처리구로 하고 지방을 첨가하지 않은 사료를 대조구로 선정, 실험하였는데 menhaden oil 급여시 난황내 ω3계 지방산이 증가하였다고 하였다. 또한 4주간 3%의 menhaden oil을 급여하여 난황내 지방산 조성의 변화를 관찰한 실험(20)에서는 menhaden oil 급여시 지방조직에서 EPA와 DHA가 모두 증가하였고 실험 기간 종료 후 관능검사 결과에서도 좋은 결과를 나타내어 3% 수준의 어유 첨가가 어취를 발생하지 않고도 ω3계 지방산을 증가시킬 수 있었음을 보여주었다(Table 6). Cherian과 Sim(52)은 산란계에게 분쇄한 linseed와 canola seed를 급여하여 wheat와 soybean을 급여한 대조구와 비교, 실험하였는데 embryo와 초생추, 그리고 계란에서의 ω3계 지방산 함량은 linseed와 canola seed 급여시 모두 증가하였고 arachidonic acid는 linseed 급여시에만 감소한

경향을 나타내었다고 하며 국내에서는 심과 강(53)에 의해 오메가란 및 오메가 가금육 생산방법 및 배합사료 조성이 제시되었다.

육계와 산란계 실험 이외에 육성돈에게 8주 동안 분쇄한 linseed를 5% 함유한 사료를 급여한 실험에서는 무처리구에 비해 liver, kidney, skin, subcutaneous adipose tissue, muscle에서 ω3계 지방산의 함량이 증가하였다(54). 또한 이 등(55)은 ω3계 지방산 함량이 높고 콜레스테롤 함량이 적은 고기를 생산하기 위한 지방 사료 첨가제의 제조방법을 개발하였으며 여(56)는 아마종실, 들깨, 밀, 조리, 귀리, 어분, 소금, 항산화제 등을 첨가한 ω3계 지방산 강화 돈육 생산용 사료를 개발하였으며 아마종실, 들깨, 어분을 혼합 사용한 ω3계 지방산 강화 우유 및 유우용 사료도 개발하였다(57).

우유에서의 ω3계 지방산 강화 시도는 국내에서는 활발히 이루어지지 않고 있었으나 최근 국제적인 추세에 맞추어 이에 대한 연구가 진행되고 있으며 1993년 국내에서 국제공동연구팀을 구성하여 10여회의 기초 및 사양실험을 실시하여 그 결과의 일부를 발표하기에 이르렀다(58). 우유에서의 지방산 강화 시도가 활발히 이루어지지 않은 이유로는 사료 지방의 지방산 조성은 우유의 지방산 조성과는 상당한 차이가 있게 되는데 사료 지방의 지방산 조성은 유지방으로 이용되기 전 우선 반추 미생물에 의해 합성된 지방산, 유선조직에서 새로이 합성된 지방산 그리고 체지방조직에서 새로이 합성된 지방산 등에 의해 희석되며 반추동물에 의한 가수분해와 가수소화 작용으로 인해 섭취한 지방산의 특성이 많이 바뀌기 때문이라고 하였다(59). 따라서 사료 지방이 유지방으로 직접 전이되는 양은 반추위내 가수소화 반응, 흡수율, 체지방 조직내 침착 등의 세가지 요인에 의해 좌우된다고 하였으며(60) 불포화지방산은 반추위내에서 60~90% 정도 가수소화되어 포화지방산이 되고 1일 지방 섭취량이 900~1400g을 초과할 경우 소화율은 현저한 감소현상을 일으킬 수 있다고 하였다(61). 따라서 급여된 지방내의 지방산이 반추위내에서의 변화를 최소화하려면 지방을 어떠한 형태로든 반추위 미생물로부터 보호하는 것이 필요하다고

Table 5. Effects of cooking fatty acid composition(38)

	Fatty acid class(mg/yolk)			
	PUFA	ω6	ω-3	ω6 to ω3 ratio
Experiment 1				
Menhaden oil ¹⁾				
Raw	898	675	224	3
Scrambled	789	595	195	4
Hard cooked	825	613	214	3
Control				
Raw	827	774	54	15
Scrambled	840	797	43	19
Hard cooked	817	770	47	19
Experiment 2				
Menhaden oil				
Raw	710	539	164	3
Scrambled	716	552	165	3
Hard cooked	700	515	176	3
Control				
Raw	631	606	30	20
Scrambled	690	662	28	24
Hard cooked	710	681	29	24

PUFA: Polyunsaturated fatty acid

¹⁾Fatty acid means ± SEM did not significantly(p>0.05) differ within dietary treatment due to cooking process

Table 6. Changes in the egg yolk fatty acid distribution of EPA, DHA with four levels of dietary menhaden oil and 4 weeks of feeding(20)

% oil	EPA(% , week)				DHA(% , week)			
	1	2	3	4	1	2	3	4
0	0	0	0	0.03	0.51	0.53	0.53	0.75
1	0.06	0.19	0.19	0.25	1.79	2.02	2.98	2.72
2	0.01	0.35	0.45	0.40	1.85	3.15	3.64	4.21
3	0.50	0.48	0.56	0.59	2.69	3.20	3.71	3.83

하였으며 이러한 요인들로 인하여 유지방산을 지속적이며 안정적으로 변형시킬 수 있는 방법에 대하여는 확실한 결과를 얻지 못하고 있는 실정이며 계속적 연구가 필요하다고 하겠다(58).

현재 국내에서 생산, 시판되고 있는 ω 3계 지방산 강화 축산물에는 DHA 돼지고기, 강화우유, 치즈, 계란, 분유, 햄 등이 있으며 이들의 내용은 Table 7에 나타내었다. 이들 축산물을 내용별로 살펴보면 우유는 DHA 함량이 3~9mg/100ml 정도로 최근에는 DHA와 칼슘 등을 복합 강화한 복합기능우유도 시판되고 있었으며 남양유업의 아인슈타인 우유의 경우 강화우유가 아닌 유우에 직접 ω 3계 지방산 강화 사료를 급여, 사육하여 생

산한 우유로서 타 강화우유와의 차별성을 보여주었으나 ω 3계 지방산 함량이 표기되어 있지 않아 ω 3계 지방산 함량에 있어서 기타 강화우유와의 큰 차이를 나타내지 못했다. 또한 이들 기능성 우유나 DHA 성분 강화 우유가 당초 기대치에 미치지 못하는 판매량을 나타내었는데 이는 일반 시유와 이들 강화우유를 구분하는 소비자들의 인식부족과 함께 고름우유, 항생물질 파동 등이 크게 영향을 준 것으로 지적되었다(62). 조제분유의 경우 DHA 함량이 45~72mg/100g 정도이고 생체 항상성 유지에 필요한 ω 6 계열 지방산 생성 중간대사물인 감마 리놀렌산을 강화한 제품들도 있었으며 다른 조제분유들이 DHA만을 강화한 것과는 다르게 파스퇴

Table 7. ω 3 fatty acid contents and kinds of animal products contain ω 3 fatty acids

Kind	Kind of product	Brand name	Content	Manufacturer	Saler
Milk	Fartified milk	Pasteur DHA infant milk	DHA 9mg/100ml	Pasteur milk Co.	Pasteur milk Co.
	Fortified milk	Infant milk Tto Tto	DHA 3mg/100ml	Maeil milk Co.	Maeil milk Co.
	Milk	Einstein		Nam Yang milk Co.	Nam Yang milk Co.
	Fortified milk	Plus		Korea Yakult milk Co.	Korea Yakult milk Co.
	Fortified milk	DHA milk		Lotte milk Co.	Lotte milk Co.
	Fortified milk	Elite DHA milk		HaiTai milk Co.	HaiTai milk Co.
Formula milk	Formula milk	Mamma omega 1	DHA 70mg/100g, gamma linolenic acid 14mg/100g	Maeil milk Co.	Maeil milk Co.
	Formula milk	Mamma omega 2	DHA 60mg/100g, gamma linolenic acid 14mg/100g	Maeil milk Co.	Maeil milk Co.
	Formula milk	Mamma omega 3	DHA 45mg/100g, fortifying essential fatty acid	Maeil milk Co.	Maeil milk Co.
	Formula milk	Imperial 1	DHA 72mg/100g, gamma linolenic acid 14mg/100g	Nam Yang milk Co.	Nam Yang milk Co.
	Formula milk	Regent	DHA 72mg/100g, gamma linolenic acid 14mg/100g	Nam Yang milk Co.	Nam Yang milk Co.
	Formula milk	Pasteur 95 Loheat-1	DHA + EPA 40mg/100g gamma linolenic acid 9.5mg/100g	Pasteur milk Co.	Pasteur milk Co.
Pork		Dodram DHA pork		Dodram	Dodram
		Edison DHA pork		Woobang scientific Co.	Woobang scientific Co.
		DHL + Hipork		Miwon Farm Co.	Miwon Farm Co.
		Purina designer pork		Daesung Foods Co.	Daesung Foods Co.
Egg		Edison 300	DHA 300mg/100g	Woobang scientific Co.	Woobang scientific Co.
		Dr. Sim's Designer egg	ω 3 fatty acid 645mg/each (60g)	Purina Korea Co.	Purina Korea Co.
		Omega egg	ω 3 fatty acid 2.30%		Mannawon
Cheese	Processing cheese	Infant cheese sacchingu Enfant	DHA 17mg/100g	Seoul Milk	Seoul Milk
Ham		Cheunhagangsa Q		JinJu Ham Co.	JinJu Ham Co.

Table 8. ω 3 fatty acid contents and kinds of foods contain ω 3 fatty acids

Kind	Kind of product	Brand name	Content	Manufacturer	Saler
Tuna can		Sajo Einstein tuna		Sajo Ind. Co.	Sajo Ind. Co.
		Dongwon IQ tuna		Dong Won Ind. Co.	Dongwon Ind. Co.
Cookie	Biscuit	Egg cookie	DHA 1mg/100g	Family Foods Co.	HaiTai Food Co.
	Biscuit	Ca barley biscuit	DHA 1mg/pack	Family Foods Co.	HaiTai Food Co.
	Biscuit	IQ zoo	DHA 9.48mg/70g	Jungang Food Ind. Co.	Crown Food Co.
	Snack	DHA indianbab	DHA 5.2mg/100g	NongSim Co.	NongSim Co.
	Snack	Shrimp snack	DHA 6.0mg/100g	NongSim Co.	NongSim Co.
Health food	Food contain DHA	Omega 400	DHA 14% EPA 28%	Punmuon Food Co.	Natural house Co.
	Food contain DHA	DHA 500	DHA 27% EPA 6%	Punmuon Food Co.	Natural house Co.

르 95 로히트-1은 EPA도 강화한 것이 특징이었다. ω 3계 지방산 강화 돼지고기는 ω 3계 지방산을 강화하기 위한 특수사료를 제조, 급여하여 사육하므로써 일반 돼지고기에는 들어있지 않은 DHA, EPA, DPA 함량을 상승시키고 콜레스테롤 함량은 저하시켜 주게 되는데 이들 지방산 조성 여부가 밝혀져 있지 않았으며 일반 돼지고기에 비해 가격은 20~30% 정도 비싼 편이었다(63). 계란은 에디슨 300이 전란 100g을 기준으로 DHA가 300mg 함유되어 있고 Dr. Sim's 디자이너 에그는 개당 ω 3계 지방산이 645mg, ω 6 지방산이 965mg으로 ω 6/ ω 3의 비율이 1.5 : 1로서 이는 100g의 등푸른 생선 섭취시의 양과 같다고 하였다. ω 3계 지방산 강화 축산식품 이외의 기타 식품으로는 통조림류, 과자류, 건강보조식품류 등이 있으며 이들의 내용은 다음 Table 8에 나타내었다. 최근 많은 식품에 DHA 함량을 증가시키려는 노력이 계속되고 있는데 이는 DHA가 두뇌발달에 중요한 성분임이 발표되면서 특히 유아나 아동이 주요 소비자인 과자류나 참치류 등에 DHA를 첨가하여 이들 식품의 부가가치를 높이려는 개발경향이 주도적이다. 한편 EPA 및 DHA 함유 건강보조식품이라 함은 식용가능한 어류에서 채취한 EPA 및 DHA를 식용에 적합하도록 정제한 것 또는 이를 주원료로 하여 섭취가 용이하도록 액상, 페이스트상, 분말, 과립, 정제 또는 캡슐로 가공한 것을 말하며 주원료 성분 배합 기준으로는 EPA 함유식품의 경우 EPA 12~30% 이상, DHA 함유식품의 경우 DHA 12~30% 미만, EPA 및 DHA 함유식품의 경우 EPA 및 DHA 각각 12~30% 미만이어야 한다고 하였다(64).

요 약

ω 3계 지방산의 섭취가 동맥경화, 고혈압 및 뇌졸중

등의 심혈관질환을 비롯하여 당뇨병, 류마티즘 등의 성인병 예방과 치료에 효과가 있음이 여러 가지 역학조사 결과 밝혀지면서 의학계를 위시한 여러 생명과학 분야에서 관심을 모으는 연구주제가 되고 있다. ω 3계 지방산은 인체내에서 생성이 되지 않고 외부로부터 섭취해야 하는 필수지방산으로서 이러한 필수성은 식이로부터 섭취 부족시 생겨나는 결핍증의 치료효과에 기인한다기 보다는 합성과정에 필요한 적당한 desaturase가 존재하지 않거나 효소활성이 제한되어 있기 때문에 그 필수성이 강조되는 물질로서 이 분야에 대한 관심이 더 많이 요구된다. 또한 ω 3계 지방산이 필수지방산이므로 심혈관질환의 치료 및 예방과 관련, 어느 정도 섭취해야 하며 부족시 인체에 나쁜 영향을 막기에 충분한 양은 얼마인지에 대한 구체적 자료가 제시되어 있지 않은 실정이라 이에 대한 연구도 활성화되어야겠다. ω 3계 지방산이 심혈관질환 등에 유익한 효과를 보여주는 기전은 혈액지방 분획에 바람직한 변화를 유도하기 때문으로 혈액 중성지방, 초저밀도지단백-콜레스테롤, 초저밀도지단백-중성지방 등의 감소나 고밀도지단백-콜레스테롤의 상승을 초래하므로써 얻어지는 효과로 보이며 이에 대한 결과가 항상 일관되게만 보고되고 있지는 않다. 또한 ω 3계 지방산은 AA로부터 대사되는 혈소판 응집반응 촉진물질의 생성을 억제하며 항혈전생성물질의 합성을 도모하는 기능을 하게 되므로 ω 6/ ω 3계 지방산의 적절한 섭취비율이 고려되어야만 한다. ω 3계 지방산의 식이급원으로는 LNA가 풍부한 식물성유나 장쇄 불포화지방산인 EPA, DHA 등의 급원으로 생선 및 어유가 있다. LNA는 EPA와 DHA로의 전환이 일어나나 사람에서는 전환율이 여러 가지 조건에 따라 다르며 제한적이다. 생선의 경우 비록 EPA, DHA가 타식품에 비해 풍부한 편이나 생선종류나 동

일한 생선내에서도 부위별로 그 함량이 다르므로 ω 3계 지방산 공급원으로 섭취할 때에는 이점을 잘 고려해야 하겠다. ω 3계 지방산 강화식품의 연구 개발 동향은 ω 3계 지방산의 인체에 대한 유익한 효과에 대한 연구결과에 힘입어 이루어진 것으로 여러 가지 식품에 정제 혹은 농축된 ω 3계 지방산을 첨가하는 경우와 사료에 ω 3계 지방산 공급원을 첨가, 동물에게 이행시켜 ω 3계 지방산 강화식품을 제조하는 두가지 방법이 있을 수 있는데 전자는 통조림, 과자, 건강보조식품류에 다용되며 후자는 다양한 기능성 축산식품에 활용되고 있다. ω 3계 지방산 강화 축산식품에는 돼지고기, 우유, 치즈, 계란, 분유, 햄 등 다양한 제품에 활용, 개발되고 있으며 최근에는 이러한 식품 개발에 더욱 박차가 가해지고 있다. 그러나 이와 같은 기법을 이용해 생산, 시판된 제품의 현황조사에 따르면 식품별로 함량표시가 없는 제품이 있어 제품에 대한 소비자의 신뢰도 제고에 장애가 될 수 있으며 제품의 품질관리면에서도 이러한 미비점은 개선되어야 할 것으로 보인다. 한편 소비자 입장에서도 ω 3계 지방산이 강화된 식품의 개발로 다양하면서도 차별화된 식품을 선택, 소비할 수 있는 잇점이 있으나 강화식품이 아닌 ω 3계 지방산이 풍부한 천연식품을 일상의 식탁에서 섭취하는 대신 가공된 제품을 무차별적으로 소비하거나 첨가된 ω 3계 지방산 함량이 일반식품에 비해 그다지 높지 않은 경우 이들 식품의 소비가 더 이상 장점이 되지 못하므로 이들 식품소비에만 의존하는 식생활은 지양되어야 하겠다.

문 헌

- Dyerberg, J. and Bang, H. O. : Eicosapentaenoic acid and prevention of thrombosis and atherosclerosis. *Lancet*, p.117(1978)
- Kromhout, D., Bosschieter, E. B. and Coulander, C. : The inverse relation between fish consumption and 20-year mortality from coronary heart disease. *N. Engl. J. Med.*, **312**, 1205(1985)
- Glomset, J. A. : Fish, fatty acids, and human health (Editorial). *N. Engl. J. Med.*, **312**, 1253(1985)
- Burr, G. O. and Burr, M. M. : A new deficiency disease produced by the rigice exclusion of fat from the diet. *J. Biol. Chem.*, **82**, 345(1929)
- Lees, R. S. and Karel, M. : Omega-3 fatty acids in health and disease. Marcel Dekker, INC. U. S. A. (1990)
- Bjerve, K. S. : ω 3 fatty acid deficiency in man : implications for the requirement of alpha-linolenic acid and long-chain ω 3 polyunsaturated fatty acids. In "Health effects of ω 3 polyunsaturated fatty acids in seafoods" Simopoulos, A. P., Kifer, R. R., Martin, R. E. and Barlow, S. M.(eds.), Basel, Karger, Vol. 66, p.66
- Connor, W. E., Neuringer, M. and Reisbick, S. : Essentiality of ω 3 fatty acids : evidence from the primate model and implications for human nutrition. In "Health effects of ω 3 polyunsaturated fatty acids in seafoods" Simopoulos, A. P., Kifer, R. R., Martin, R. E. and Barlow, S. M.(eds.), Basel, Karger, Vol. 66, p.118(1991)
- Connor, W. E., Neuringer, M. and Reisbick, S. : Essential fatty acids : the importance of n-3 fatty acids in the retina and brain. *Nutr. Rev.*, **50**, 21(1992)
- Simopoulos, A. P. : ω -3 fatty acids in growth and development and in health and disease, part I : The role of ω -3 fatty acids in growth and development. *Nutrition Today*, **23**, 10(1988)
- Hague, T. A. and Christoffersen, B. O. : Effect of dietary fats on arachidonic acid and eicosapentaenoic acid biosynthesis and conversion to C22 fatty acids in isolated liver cells. *Biochem. Biophys. Acta*, **796**, 205(1984)
- Hansen, H. S. : New biological and clinical roles for the n-6 and n-3 fatty acids. *Nutr. Rev.*, **52**, 162(1994)
- Voss, A. M., Reinhart, M., Sankarappa, S. and Sprecher, H. : The metabolism of 7, 10, 13, 16, 19-docosapentaenoic acid to 4, 7, 10, 13, 16, 19-docosahexaenoic acid in rat liver is dependent of 4-desaturase. *J. Biol. Chem.*, **266**, 19995(1991)
- Sprecher, H. : The regulation of 20- and 22-carbon polyunsaturated fatty acid biosynthesis. In *Advances in Polyunsaturated Fatty Acid Research*, p.19(1993)
- Avelidano, M. : A novel group of very long chain polyenoic fatty acids in dipolyunsaturated phosphatidyl choline from vegetable retina. *J. Biol. Chem.*, **262**, 1172 (1987)
- Holman, R. T., Johnson, S. B. and Hatch, T. F. : A case of human linolenic acid deficiency involving neurological abnormalities. *Am. J. Clin. Nutr.*, **35**, 617 (1982)
- Bjerve, K. S., Mostad, L. M. and Thoresen, L. : Alpha-linolenic acid deficiency in patients on long term gastric tube feeding : estimation of linolenic acid and long chain unsaturated ω -3 fatty acid requirement in man. *Am. J. Clin. Nutr.*, **45**, 66(1987)
- Kromann, N. and Green, A. : Epidemiological studies in the Upernavik District, Greenland. Incidence of some chronic diseases 1950-1974. *Acta Med. Scand.*, **208**, 401(1980)
- Bang, H. O., Dyerberg, J. and Nielsen, A. B. : Plasma lipid and lipoprotein pattern in Greenlandic West-Coast Eskimos. *Lancet*, **1**, 1143(1971)
- Parkinson, A. J., Cruz, A. L., Heyward, W. L., Bulkow, L. R., Hall, D., Barstae, L. and Connor, W. E. : Elevated concentrations of plasma omega-3 polyunsaturated fatty acids among Alaskan Eskimos. *American J. Clinical Nutrition*, **59**, 384(1994)
- 이양자 : 식이성 지방과 건강-한국인의 지방산 섭취 현황. 건국대학교 동물자원연구센터 국제 심포지움, p.87 (1994)
- Dyerberg, J. : Linolenate-derived polyunsaturated fatty acids and prevention of atherosclerosis. *Nutr. Rev.*, **44**, 125(1986)
- Kagawa, Y., Nishizawa, M. and Suzuki, M. : Ecosa-

- pentaenoic acids of serum lipids of Japanese Islanders with low incidence of cardiovascular diseases. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, **28**, 441(1982)
23. 김채중, 박현서 : 사람에서 식이지방의 불포화지방산과 불포화도가 혈장 지질조성에 미치는 영향. *한국영양학회지*, **24**, 179(1991)
 24. 박현서, 한선화 : 사람에서 n-3계 불포화지방산이 serum lipoprotein과 지질조성에 미치는 영향. *한국영양학회지*, **21**, 61(1988)
 25. Choi, J. S. and Park, H. S. : Influence of dietary n3 polyunsaturated fatty acids on plasma lipid-lowering effect and peroxidation level in rats. *Korean J. Nutrition*, **23**, 408(1990)
 26. 최임순, 진복희 : 정어리유 섭취가 흰쥐의 혈장 지질, 적혈구막 인지질의 지방산 조성 및 지질의 과산화가에 미치는 영향. *한국영양학회지*, **20**, 330(1987)
 27. Huang, Z. B., Leibovitz, H., Lee, C. M. and Millar, R. : Effect of dietary fish oil on omega-3 fatty acid levels in chicken eggs and thigh flesh. *J. Agric. Food Chem.*, **38**, 743(1990)
 28. Harris, W. S., Conner, W. E., Inkeles, S. B. and Illingworth, D. R. : Dietary ω-3 fatty acids prevent carbohydrate-induced hypertriglyceridemia. *J. Clin. Invest.*, **74**, 99(1984)
 29. Ackerman, R. G. : Fish lipids(Part I). In "Advances in fish science and technology" Connel J. J.(ed.), *Fishing News Books*. Farmham, Surrey, England, p.969(1980)
 30. Lee, H. J. and Kim, S. H. : Effect of fish oils on brain fatty acid composition and learning performance in rats. *Korean J. Nutrition*, **27**, 901(1994)
 31. Thiery, J. and Seidel, D. : Fish oil feeding results in an enhancement of cholesterol induced atherosclerosis in rabbits. *Atherosclerosis*, **63**, 53(1987)
 32. Stansby, M. E. : Marine-derived fatty acids or fish oils as raw material for fatty acids manufacture. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **56**, 793A(1979)
 33. Chanmugam, P., Boudreau, M., Boutte, T., Park, R. S., Hebert, J., Berrio, L. and Hwang, D. H. : Incorporation of different types of n-3 fatty acids into tissue lipids of poultry. *Poult. Sci.*, **71**, 516(1992)
 34. Hale, M. B., Bauersfeld, P. E., Galloway, S. B. and Joseph, J. D. : New products and markets for menhaden, *Brevoortia* spp. *Marine Fisheries Review*, **53**, 42(1991)
 35. Lanier, T. C., Martin, R. E. and Bimbo, A. P. : Nutritional implications of increased consumption of engineered seafoods. *Food Tech.*, **42**, 162(1988)
 36. Roch, M., Tesar, B. and Patterson, J. : Omega-3 and the farmed fish. *Canadian Aquaculture*, **4**, 49(1988)
 37. Kinsella, J. E. : Seafoods and fish oils in human health and disease. *Food Sci. and Technol. U. S. A* ; **23**, Xii + 317p.(1987)
 38. Valenzuela, A., Nieto, S. and Uauy, R. : Technological challenges to assess n-3 polyunsaturated fatty acids from marine oils for nutritional and pharmacological use. *Grasas-y-Aceites*, **44**, 39(1993)
 39. Jiang, Z., Ahn, D. U., Ladner, L. and Sim, J. S. : Influence of feeding full-fat flax and sunflower seeds on internal and sensory qualities of eggs. *Poult. Sci.*, **71**, 378(1992)
 40. Kromann, N. and Green, A. : Epidemiological studies in the Uppernavik district, Greenland. *Acta Med. Scand.*, **208**, 401(1980)
 41. Bang, H. O., Dyerberg, J. and Hjorne, N. : The composition of food consumed by Greenland Eskimos. *Acta Med. Scand.*, **200**, 69(1976)
 42. Bonaa, K. H., Bjerve, K. S., Straume, B., Gram, I. T. and Thell, D. : Effect of eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids on blood pressure in hypertension. A population-based intervention trial from the Tromsø study. *N. Engl. J. Med.*, **322**, 795(1990)
 43. Bail, F. U., Terres, W., Orgass, M. and Greten, H. : Dietary fish oil lowers lipoprotein(a) in primary hypertriglyceridemia. *Atherosclerosis*, **90**, 95(1991)
 44. Kremer, J. M. and Robinson, D. W. Studies of dietary supplementation with ω3 fatty acids in patients with rheumatoid arthritis. In "Health effects of ω3 polyunsaturated fatty acids in seafoods" Simopoulos, A. P., Kifer, R. R., Martin, R. E. and Barlow, S. M.(eds.), Basel, Karger, Vol. 66, p.367(1991)
 45. Ajuyah, A. O., Ahn, D. U., Hardin, R. T. and Sim, J. S. : Dietary antioxidants and storage affect chemical characteristics of omega-3 fatty acid enriched broiler chicken meats. *J. Food Sci.*, **58**, 43(1993)
 46. Ajuyah, A. O., Lee, K. H., Hardin, R. T. and Sim, J. S. : Influence of dietary full-fat seeds and oils on total lipid, cholesterol and fatty acid composition of broiler meats. *Canadian J. Anim. Sci.*, **71**, 1011(1991)
 47. Hulan, H. W., Ackman, R. G., Ratnayake, W. M. N. and Proudfoot, F. G. : Omega-3 fatty acid levels and performance of broiler chickens fed redfish meal or redfish oil. *Canadian J. Anim. Sci.*, **68**, 533(1988)
 48. Hulan, H. W., Ackman, R. G., Ratnayake, W. M. N. and Proudfoot, F. G. : Omega-3 fatty acid levels and general performance of commercial broilers fed practical levels of redfish meal. *Poultry Sci.*, **68**, 153(1989)
 49. Farrell, D. J. : UNE's designer egg. *Poultry International*, **32**, 62(1993)
 50. Elswyk, M. E. Van., Sams, A. R. and Hargis, P. S. : Composition, functionality and sensory evaluation of eggs from hens fed dietary menhaden oil. *J. Food Sci.*, **57**, 342(1992)
 51. Hargis, P. S., Elswyk, M. E. Van and Hargis, B. M. : Dietary modification of yolk lipid with menhaden oil. *Poult. Sci.*, **70** 874(1991)
 52. Cherian, G. and Sim, J. S. : Effect of feeding full fat flax and canola seeds to laying hens on the fatty acid composition of eggs, embryos, and newly hatched chicks. *Poult. Sci.*, **70**, 917(1991)
 53. 심정석, 강창원 : 오메가란 및 오메가 가금육, 이의 생산 방법 및 이의 생산용 배합사료. 대한민국특허청 특허공보. 공고번호 94-7396(1994)
 54. Cunnane, S. C., Stitt, P. A., Ganguli, S. and Armstrong, J. K. : Raised omega-3 fatty acid levels in pigs fed flax. *Canadian J. Anim. Sci.*, **70**, 251(1990)
 55. 이남형, 윤철석, 김홍만, 박병성, 유근홍, 성기승, 김덕영 : ω3계 지방산 함량이 높고 콜레스테롤 함량이 적은 고기를 생산하기 위한 지방사료첨가제의 제조방법. 대한민국특허청 특허공보. 공고번호 92-767(1992)

56. 여영근 : n-3 지방산이 축적된 돈육 생산용 사료 조성물. 대한민국특허청 특허공보. 공고번호 94-5180(1994)
57. 여영근 : n-3 지방산이 축적된 우유 및 유우용 사료조성물. 대한민국특허청 특허공보. 공고번호 95-6782(1995)
58. 정태영 : 식이성 지방과 건강- ω 3계 지방산 보강우유 생산기법. 건국대학교 동물자원연구센터 국제 심포지움, p.25(1994)
59. Grummer, R. R. : Effect of feed on composition of milk fat. *J. Dairy Sci.*, **74**, 3244(1991)
60. Palmquist, D. L., Beaulieu, A. D. and Barbano, D. M. : Feed and animal factors influencing milk fat composition in ADSA Foundation Symposium. *J. Dairy Sci.*, **76**, 1753(1993)
61. Palmquist, D. L. and Conrad, H. R. : High fat rations for dairy cows. Effects on feed intake, milk and fat production and plasma metabolites. *J. Dairy Sci.*, **61**, 890(1978)
62. 축산신문 : 1996. 4. 16일자, 10면
63. 조선일보 : 1996. 1. 26일자, 15면
64. 한국식품공업협회 : 식품공전. p.381(1995)

(1996년 8월 16일 접수)