

피층과 식물 세포벽 등 지지역할을 하는 윤층 사이에 점액선이 존재한다고 보고하였는데 구조물에 많이 함유되어 있는 물질인 그 점액선이 곧 알긴산이 주임을 알았다.

Fig. 4-b와 같이 다시마의 열수추출에서 피층 세포 구조도 마찬가지로 사상세포 골격이 남아있는 채 존재했던 다당류가 세포막 주위로 번져 나옴을 알 수 있었고, 세포 내부 전반에 걸쳐 미약한 보라색 착색은 절편 제조중 세척으로 인한 미량의 fucoidan과 알긴산의 유출로 생각된다. 다시마 열수추출 속부위에서도, 미량으로 조체내에 존재하고 열수나 pH 2에서 뜨거운 산액으로 추출가능한 fucoidan과 laminarin과 같은 다당류와 알긴산 유출로 인한 세포막 붕괴까지 보여 주었다. 이런 결과로 볼 때 다시마 속층부위의 세포막 중에는 사상세포 보다는 열수에 추출이 가능한 다당류가 표, 피층 부위의 세포막에 비해서 더 많이 존재함을 증명해준다. 알칼리처리로 65°C에서 1시간 동안 가열처리로 인한 다시마의 용해 구조(Fig. 4-c)에서 더욱 강렬한 용해를 나타냈다. 다시마의 세포막에는 미역의 세포막 보다는 사상세포가 적고 알긴산이 많이 존재하여 세포막 절단이 많고 표면 전체는 혼탁한 다당류 분포를 보였으며 세포막의 알긴산 유출로 부풀어 오른 상태를 상세히 보여준다. 이는 조직내에 표층세포와 사상세포들의 함유량 뿐만 아니라 세포막에 함유된 알긴산의 분포 형태에서 기인한 것으로 여겨진다. Fig. 4-d의 다시마목은 사상세포가 거의 보이지 않고 알긴산 분포로 인한 표면 조직이 고르고 부드러운 형태를 나타냈는데 이는 목 제조중 원료의 마쇄공정과 그리고 가열과 K₂HPO₄ 처리할 때 교반작용이 세포막의 파괴로 인한 알긴산이 추출되고, 세포막내의 사상세포와 알긴산의 분리를 돕고, 결합된 사상세포들 사이를 연결한 알긴산의 강렬한 용해를 도와 용해된 알긴산에 Ca⁺⁺ 이온 침투로 겔화된 제품목을 형성한 원인으로 추정된다.

요 약

해조목제조 과정에서 목중 Ca⁺⁺함량 및 조직학적 변화를 조사하였다. 겔화하는 동안 미역이 다시마 보

다 Ca⁺⁺함량증가가 빠르며, 겔형성 후 수침시 유출되는 Ca⁺⁺량도 미역이 다시마 보다 많았다. 알칼리용해 및 여과는 목 수침시 Ca⁺⁺유출량을 감소시켰다. 미역은 불규칙하고 긴 세포벽을, 다시마는 비교적 규칙적인 세포벽으로 이루어져 있으며, 알긴산은 세포벽 주위에 주로 존재하였다. 가열, 알칼리 용해 및 목제조에 따라 알긴산은 점차적으로 용해되었으나 사상세포는 다시마인 경우 미세하게 절단되었으나 미역인 경우는 상당부분 목 중에 잔존하였다.

문 헌

1. 박영호 : 갈조류의 알긴산함량의 계절적인 변화에 관하여. 한국수산학회지, 2(1), 71(1969)
2. Sime, W. J. : *Alginate -Hand book of water-soluble gums and resins.* McGraw-hill Co., p.177(1982)
3. 田淵徳一 : アルギン酸 利用の新しい展望. 月刊フトケミカル, 5(3), 45(1989)
4. 임상빈 : 두부세척공정에서의 탈염기작. 석사학위논문, 서울대학교(1984)
5. 배광순, 손경희, 문수재 : 목의 구조와 텍스처. 한국식품과학회지, 10(2), 185(1984)
6. 김길환, 김창식 : 미역김의 제조와 이화학적 특성에 관한 연구. 제 1보 : 미역김의 조직화학적 특성. 한국식품과학회지, 14(4), 336(1982)
7. 정용현, 김건배, 최선남, 강영주 : 미역, 다시마목의 최적조건과 그 물성에 관하여, 1. 미역과 다시마를 주원료로 한 목제조. 한국영양식량학회지, 23, 156(1994)
8. 小原哲二郎 : 食品分析ハンドブック. 第2版, 建泉社(日本), p.267(1976)
9. 정노팔, 김우갑, 김학렬, 이형환, 강빈구 : 세포생물학실험. 범문사, p.61(1981)
10. 岩崎富生 : 健康素材としての海藻の効能と應用. フトケミカル, 2(10), 47(1986)
11. 김선희, 박희연, 박원기 : 해조가공품의 dietary fiber 함량과 물리적 특성. 한국영양식량학회지, 17(4), 320(1988)
12. 西澤一俊 : 海藻の植物纖維. 月刊フトケミカル, 4(9), 47(1988)
13. Pike, R. L. and Brown, M. : Nutrition -an integrated approach. 3rd ed., John Wiley and Sons, inC, USA, p. 790(1984)
14. 강제원역 : 해산식물학. 문교부, p.215(1984)
15. 猪野俊平 : 植物組織學. 内田老鶴園新社, 日本, p.399(1977)

(1993년 1월 4일 접수)

지방질과 동맥경화증

- 총 설 -

조 성 희

호성여자대학교 식품영양학과

Dietary Lipid and Atherosclerosis

Sung-Hee Cho

Dept. of Food Science and Nutrition, Hyosung Women's University, Kyungsan 713-702, Korea

Abstract

Atherosclerosis, a multifactorial disease, is closely related to lipid nutrition. Data from well known epidemiologic studies including Seven Country Study, Framingham Study and several intervention trials have confirmed that serum cholesterol is the major risk factor and elevation of LDL-cholesterol level is most undesirable. On the basis of results concurring in that dietary saturated fat and cholesterol increase serum cholesterol while polyunsaturated fat decreases it, changes in serum cholesterol level have been predicted by regression equations developed by Keys *et al.* and other investigators. Effects of individual fatty acids on the level of serum cholesterol have been further differentiated by chain length, cis-trans isomers and n-6 vs n-3 polyunsaturated fatty acids. Among them the effect of n-3 fatty acids has been well recognized as antiplatelet activity, thus reducing the incidence of atherosclerosis. Role of vitamin E in prevention of atherosclerosis has been evolved from works showing that LDL oxidation stimulates formation of atheroma and also from epidemiologic studies. Dietary recommendations at present are ; (i) 30 and 10cal% as upper limit of total and saturated fat intakes, respectively (ii) no more than 300mg cholesterol/day, (iii) 1~2g of n-3 fatty acid/day and (iv) some increase in current RDA of vitamin E which is 8~10 TE.

Key words : atherosclerosis, serum cholesterol, saturated fat, n-6 and n-3 polyunsaturated fat, LDL, vitamin E

서 론

지방은 고열량과 필수지방산을 공급하고 지용성 비타민의 소화, 흡수에 필요불가결한 영양소이지만 식이에서 섭취되는 양의 과소, 구성 지방산들간의 평형에 따라 여러 가지 만성질환의 발생에 영향을 주고 있다. 그 중에서 심혈관계 질환과 식이지방의 관련성이 가장 많이 연구되어 왔으며 그 결과가 영양교육과 식이지침으로 홍보되어 실제로 구미 선진국에서는 심혈관계 질환자의 감소를 가져오는 효과를 나타내고 있다. 반면 아시아지역이나 기타 개발도상국들이 공업화, 서구화되면서 구미지역의 식사 형태가 늘어 나고 심혈관계 질환이 증가추세에 있다. 후자에 속하는 우리나라에서도 그 추세를 따르고 있어, 1992년 통계청 자료¹⁾에 의하면 심질환에 의한 사망이 전체 사인의 3~4위에 이르고 있음이 밝혀졌다. 따라서 그 심질환 발생에 미치는 식이

지방의 영향에 대하여 정확한 지식이 잘 활용되어야 하는 곳은 구미지역 뿐 아니라 그 외 지역에서도 마찬가지라고 생각된다. 최근 세계보건기구²⁾에서 지방 섭취의 상,하한선과 지방산의 구성을 영양목표(The Population Nutrient Goals)에 제시함으로써 적절한 지방영양이 세계적으로 중요한 과제를 여실히 보여 주었다.

식이지질과 혈관계 질환과의 관련성에 대한 초기 1950~1970년대의 연구 결과는 섭취지방량의 감소, 다불포화지방의 섭취 증가를 추천하였으며 이를 통한 혈청 콜레스테롤 정상치 유지를 강조하였다. 이 사항은 현재에도 식이지침의 기본 골격으로 중요하다고 여겨지나, 1970년 이후에 알려진 생선유지(fish oil) n-3 지방산의 관상동맥 심질환 억제효과, cis-trans 지방산의 영향의 차이, 또한 1980년 후반부터 현재 '90년대에 각광을 받는 비타민 E 및 항산화 영양소의 효과가 보고되면서 일부에서는 새로운 식이지침을 제안한 바도 있

다. 이러한 최근 지견이 지금 보편적으로 활용되고 있지는 않으나 멀지 않은 장래에 이 새로운 연구 결과들이 적절히 수용될 것으로 전망되며, 지속적인 기초연구를 통하여 심혈관계 질환에 대처하는 지질영양은 한층 더 발전해 나갈 것으로 기대된다.

관상동맥질환의 위험인자

관상동맥 심질환(coronary heart disease ; CHD)은 구미지역인들의 사인(死因)의 첫째이며 북미지역에서는 전체 사망의 1/4이상 해당하는 질환이다. 따라서 이 질환의 발병 기전과 이에 관련된 요인(etiology)에 대하여 이루어진 연구는 실로 방대하다. 그 중에서 Twin Cities Study²³, Finland Study²⁴, Seven Country Study²⁵, Framingham Heart Study²⁶ 등의 역학 조사와 북미 지역 10 군데의 Lipid Research Clinic에서 공동으로 수행한 intervention trial을 비롯한 미국, 영국, 벨기에, Oslo 등 국가별로 수행한 multiple risk factor intervention trial(MRFIT)와 같은 대규모의 연구들이 위험인자들을 밝혀 내는데 주역할을 했다고 보겠다²⁷. 이 연구들에서 밝혀진 위험인자들은 Table 1에 요약한대로 유전, 성별, 나이와 같이 변화시킬 수 없는 요인(nonmodifiable factors)과 식이나 생활습관에 의하여 고쳐질 수 있는 요인(modifiable factors)로 대별(大別)할 수 있는데, 지질 영양 문제는 전체적인 영양(Table에서는 inadequate nutrition)의 일부가 되겠으며 고지혈증(hyperlipidemia)과 밀접한 연관이 있다. 바로 이 고지혈증의 주요 원인이 되는 혈청 콜레스테롤이 관상동맥질환 발생에 직접적으로 가장 큰 영향을 주는 인자인 것은 주지의 사실이다. 혈청 콜레스테롤 중 LDL-콜레스테롤의 상승이 위험한 반면 HDL-콜레스테롤 수준은 저하가 적신호로 보고 있다. 총 콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤의 수준에 따라 미국 National Cholesterol Education Program Panel²⁸에서는 1988년에 정한 기준치가 Table 2에 나타나 있다. 우리나라에서도 이에 준하여 평가하지만 우리나

Table 1. Risk factors of atherosclerosis

Nonmodifiable factors	Modifiable factors
Family history	Inadequate nutrition
Male sex	Hyperlipidemia
Age	Obesity
	Diabetes mellitus
	Hypertension
	Cigarette smoking
	Physical inactivity

라 사람들의 대사특성이 고려된 국내 기준치가 마련될 예정으로 있다. Table 2에서 보듯이 HDL-콜레스테롤은 포함되어 있지 않지만 Framingham Study²⁶에서는 총-콜레스테롤/HDL-콜레스테롤의 비율이 3.5이하이면 안전한 수준이며, 4.5이하로 될 것을 권장하였다. 혈청 중성지질의 증가와 CHD 발병도 정의 상관성을 보였고, 여자의 경우가 더 뚜렷하였다²⁶. 그런데 중성지질의 증가가 HDL의 감소와 병행하여²⁹ 중성지질 자체를 독립 위험인자로 생각하지 않으려는 견해도 있다. Poapst 등¹⁰과 Schonfeld¹¹이 지적한대로 혈청 중성지방의 존재하는 VLDL의 종류에 따라 대사의 차이가 지적되었고, 북미 Lipid Research Clinics²⁷, Sweden¹²에서 독립적인 위험인자로 인정하고 있다.

식이지방질과 혈청지질

식이지방질의 99%이상을 차지하는 것은 중성지방으로 이 지방의 양과 질에 따른 혈청 콜레스테롤과 다른 지질 수준의 변화가 모든 지질학자들의 기본 조사항목이 되고 있다. 혈청 지질 중 콜레스테롤이 동맥경화의 제 1 위험인자이므로 식이에서 섭취하는 콜레스테

Table 2. Report of the national cholesterol education program expert panel on detection, evaluation and treatment of high blood cholesterol in adults²⁸

Initial classification and recommended follow up based on total cholesterol		
Classification, mg/dl		Recommended follow up
<200	Desirable	Repeat within five years
200 to 239	Borderline-high	<u>Without definite CHD</u> Dietary information and recheck annually
		<u>With definite CHD</u> Lipoprotein analysis ; further action based on LDL-cholesterol level
≥240	High	
Classification and treatment decisions based on LDL-cholesterol		
Classification, mg/dl		Treatment
<130	Desirable	<u>Dietary</u>
130 to 159	Borderline-high	- CHD + CHD
		Initial ≥160 ≥130
		Min. Goal <160 <130
≥160	High	<u>Drug</u>
		- CHD + CHD
		Initial ≥190 ≥160
		Min. Goal <160 <130

올의 양에 대하여도 많은 연구가 되어 왔다. 초기 1950 년대의 연구에서는 콜레스테롤 섭취량은 혈청 콜레스테롤 수준에 큰 영향을 주지 않으며 오히려 지방이 더 중요하다고 생각하였다¹³. 즉, 혈청 콜레스테롤은 포화 지방산이 많은 동물성지방 섭취로 증가하고, 다불포화 지방산이 많은 식물성지방 섭취로 감소한다고 많은 역학조사와 동물실험에서 보고되었다¹⁴⁻¹⁶. 그러나 그 이후 식이 콜레스테롤도 역시 혈청 콜레스테롤을 상승시킨다고 밝혀지고¹⁷, 1960년대에 이르러 Keys 등¹⁸과 Hegsted 등¹⁹은 식이 콜레스테롤, 포화, 다불포화지방산들의 섭취량에 따른 혈청 콜레스테롤수준의 변화를 추정할 수 있는 수식 (Table 3)을 도출해 내었다. 이들 연구방법은 타 연구에서보다 체계적이라고 할 수 있겠는데, 포화, 다불포화지방산의 효과를 관찰할 때, 다른 연구들에서는 포화와 다불포화지방산을 비교하므로서 두 요인의 효과가 중첩되어 나타나는데 반하여, 혈청 콜레스테롤에 거의 영향을 주지 않는 (neutral) 단일 불포화 지방산 (주로 oleic acid)이나 탄수화물 (isocaloric level) 과 비교하므로서 포화, 다불포화지방산의 개별효과를 산정할 수 있는 점이 특징이었다. 이러한 비교방법은 이후의 연구에서 많이 이용되었다.

Key 등¹⁸은 포화지방산들의 종류별로의 큰 차이를 발견하지 못하였으나, 여러 연구에서 포화지방산들간에 혈청 콜레스테롤 상승작용에 차이가 있음이 지적되

었고, Hegsted 등¹⁹과 McGandy 등²⁰은 Table 4에 요약한 바와 같이 각 포화지방산화별로 회귀분석계수를 산출하였다. 여러 포화지방산들 lauric (12 : 0), myristic (14 : 0), palmitic (16 : 0) acid가 혈청 콜레스테롤 상승에 주역이라는데 대체로 의견이 모아지고 있다. 동물성 포화지방산의 거의 50%에 해당하는 stearic acid (18 : 0)의 회귀계수가 작으며 Keys 등¹⁸이나 Hegsted 등¹⁹의 식에 의하면 음수 (negative)로 나타나 이 지방산의 특이성이 관심을 끌었다. Bonanome과 Grundy²¹은 stearic acid에 의한 혈청 총 콜레스테롤의 저하는 LDL뿐 아니라 HDL콜레스테롤도 저하시키므로 다불포화지방산의 효과와 구별됨을 명료히 보여주었다.

단일불포화지방산에서도 개별 지방산에 따른 차이가 있다는 것을 알게 되었다. Margarine과 같은 수소첨가 경화유 제조시 생성되는 trans 불포화지방산 (예 ; elaidic acid, 18 : 1)은 입체구조가 포화지방산과 유사하다. 사람들에게 11cal% 수준의 trans 단일불포화지방산을 3주간 주었을 때, cis 지방산인 oleic acid를 섭취한 사람들에 비하여 혈청 총 콜레스테롤이 10mg/dl, LDL-콜레스테롤이 14mg/dl 증가하였다²². 이것은 포화지방산을 주었을 때, 21, 18mg/dl의 상승보다는 낮았으나 HDL-콜레스테롤 수준이 포화지방산 섭취로 변화가 없는데 반하여 trans 지방 섭취로 7mg/dl나 감소하여²² 동맥경화의 위험도를 증가시킬 수 있다. 이와 비슷한 결과가 Nestle 등²³, Lichtenstien 등²⁴에 의하여 보고되었고, Mensink 등²⁵은 trans 지방산에 의하여 lipoprotein (a)의 증가도 있다고 하였으나 이는 아직 논란의 대상이 되고 있다. 최근 Willett 등²⁶은 1980년부터 Nurses Health Study에 참여했던 85,095명의 여자들의 식품섭취빈도 결과로부터 trans 지방산의 섭취와 CHD 발병과의 관계를 조사하였다. 그들의 결과에 의하면, 1일 trans 지방산 섭취가 5.7g 이상되는 사람들 (80th percentile)의 CHD 발병율이 2.4g 이하되는 사람들 (20th percentile)의 1.5배가 되었다. 그러나 trans 지방산의 위험

Table 3. Equations for predicting effects of diet on total serum cholesterol

<u>Equation of Keys et al¹⁸</u>	
Δ Cholesterol (mg/dl) = 2.7 S - 1.35 ΔP + 1.5ΔC ^{1/2} mg /1000Cal/day	
<u>Equation of Hegsted et al¹⁹</u>	
Δ Cholesterol (mg/dl) = 2.16ΔS - 1.65ΔP + 0.068ΔC mg/day	
S ; saturated fatty acid (% of total calories)	
P ; PUFA (% of total calories)	
C ; dietary cholesterol	

Table 4. Changes in equation and multiple-correlation coefficients by the types of saturated fatty acid

Equation	10 : 0	12 : 0	14 : 0	16 : 0	18 : 0	12 : 0-16 : 0	R
Keys et al ¹⁸							
Eq (1)						2.25	0.93
Eq (2)					-1.83	2.76	0.95
Hegsted et al ¹⁹							
Eq (3)			8.45	2.12			0.95
Eq (4)	0.66	1.03	4.98	3.76	-0.49		0.95
McGandy et al ²⁰							
Eq (5)			2.14	2.47			0.94
Eq (6)		0.87	2.75	2.90	1.30		0.95

부담 때문에 margarine 대신 butter를 추천하고 있지는 않다. Margarine은 제조원마다 trans 지방산의 함량이 다르며 미국 제품에서 최고 30%까지 함유된 것이 있기는 하지만 전체적으로 포화지방산이 적으므로, 60%가 포화 지방산인 butter와 비교해서 혈청 콜레스테롤 변화로 인한 동맥 경화 위험도는 훨씬 적다고 보겠다. 그러나 가공유지 식품에서 trans 지방산의 함량의 지속적인 monitoring은 필요하다고 생각된다.

다불포화지방산의 초기 연구는 n-6계 linoleic acid (18 : 2)를 주성분으로 하는 식물성 유지를 이용하였다. 그런데 Bang과 Dyerberg²⁷⁾은 식물성 식품의 섭취가 아주 적은 Greenland Eskimo에게서도 CHD의 발병이 아주 낮다는 것을 발견하였고, 원인이 다량의 해산물섭취로 인한 n-3계 다불포화지방산의 영향이라고 보았다. Eskimo인들은 Denmark인과 비교하여 혈청 총, LDL-콜레스테롤이 낮고, HDL-콜레스테롤이 높았다²⁷⁾. 그러나 Dyerberg 등²⁸⁾은 Eskimo인의 낮은 CHD 발병이 혈청 콜레스테롤 수준으로만 설명하지 않았다. 뿐만 아니라, 이후 1970~80년대 행한 많은 연구에서 어유 n-3 지방산섭취로 혈청 콜레스테롤이 저하된다고 할 수 없었다. 인체대상 논문 51편을 종합한 Harris²⁹⁾에 의하면 Fig. 1에 나타난 바와 같이 총 콜레스테롤은 약간, LDL-, HDL-콜레스테롤을 개인상태에 따라 5~30%까지 증가하

는 것으로 나타났다. 이 n-3 지방산의 효과는 중성지방 강하에서 제일 현저하여 어떤 대상이건 25~50%이상 까지 낮추었다. LDL-, HDL-콜레스테롤의 상승에도 불구하고 총 콜레스테롤이 약간 저하되는 것은 중성지방이 많은 VLDL의 감소가 매우 컸기 때문이다. 그러나 어유 n-3 지방산이 혈청지질 중 독립 위험인자로 알려진 lipoprotein (a)를 감소시켰다는 보고³⁰⁾도 있다.

n-3 지방산과 동맥경화

식이에 존재하는 n-3지방산은 상기에서 언급한 바와 같이 생선 및 해산물에 각각 8~18%, 6~20%로 들어 있는 eicosapentaenoic acid (EPA, 20 : 5)와 docosahexaenoic acid (DHA, 22 : 6), 그리고 식물성유에 1~8% 정도 함유된 α-linolenic acid (18 : 3)이 주종을 이룬다. 이 중 동맥경화와 가장 밀접하다고 알려진 것은 EPA이다. 그것은 EPA가 체내에서 eicosanoid대사에 직접적인 기질이기 때문이다. DHA와 linolenic acid도 체내에서 retroconversion 또는 elongation-desaturation을 거쳐 EPA로 전환될 수 있으나 그 전환율이 동물의 종에 따라 낮을 수도 있다³¹⁾. 식이에서 EPA를 많이 섭취하는 Eskimo인은 혈소판 arachidonic acid (AA, 20 : 4n-6)함량이 유럽이나 일본사람에 비해 훨씬 낮고, EPA의 함량이 높았으며³²⁾(Table 5), 혈소판 응집력도 낮았다²⁸⁾. 동맥경화의 발생 기전은 Fig. 2에 요약한대로 혈청 콜레스테롤에 의한 작용외에 많은 요인들이 작용하여 이루어지는 복잡한 과정이다. 이 중 혈소판 응집은 성장인자 (platelet derived growth factor)를 분비하고 혈전을 형성하여 혈관 내피에 atheroma를 조성하는데 기여한다. 한편 백혈구인 monocyte/macrophage의 chemotatic activity를 통하여 혈관 내피에서 LDL-콜레스테롤을 취하여 foam cell으로 전환되어 동맥 경화를 일으킨다. 혈소판 응집과 백혈구 작용에 prostacyclin (PGI), thromboxane A (TXA), leucotriene B (LTB) 등의 eicosanoid에 의하여 조절되는데, AA와 EPA로부터 생성되는 세 종류의 eicosanoid들의 작용이 상당한 차이를 보인다³³⁾(Table 6). AA로부터 생성된 PGI₂와 EPA로부터가 생성된 PGI₃의 혈소판 응

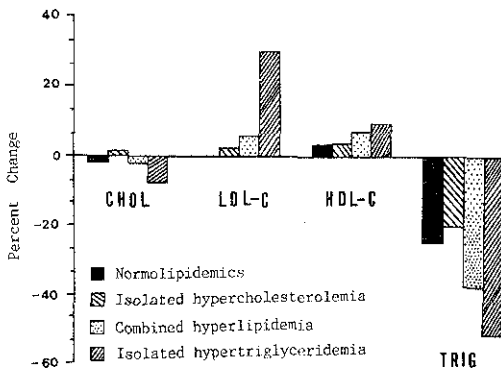


Fig. 1. Summary of the overall mean percentage changes in lipid and lipoproteins in fish oil trials according to lipid²⁹⁾

Table 5. AA, EPA and frequency of death from coronary heart disease in three population²⁹⁾

	Platelet phospholipid		CHD	
	AA	EPA	Ratio n-6 : n-3	(% death)
Europe, USA	20~26	0.1~0.7	50	40
Japan	18~22	1.0~2.5	12	12
Greenland Eskimo	8.3~9.0	6.4~8.0	1.2	7

All values are approximate, AA (C20 : 4n-6) and EPA (C20 : 5n-3)

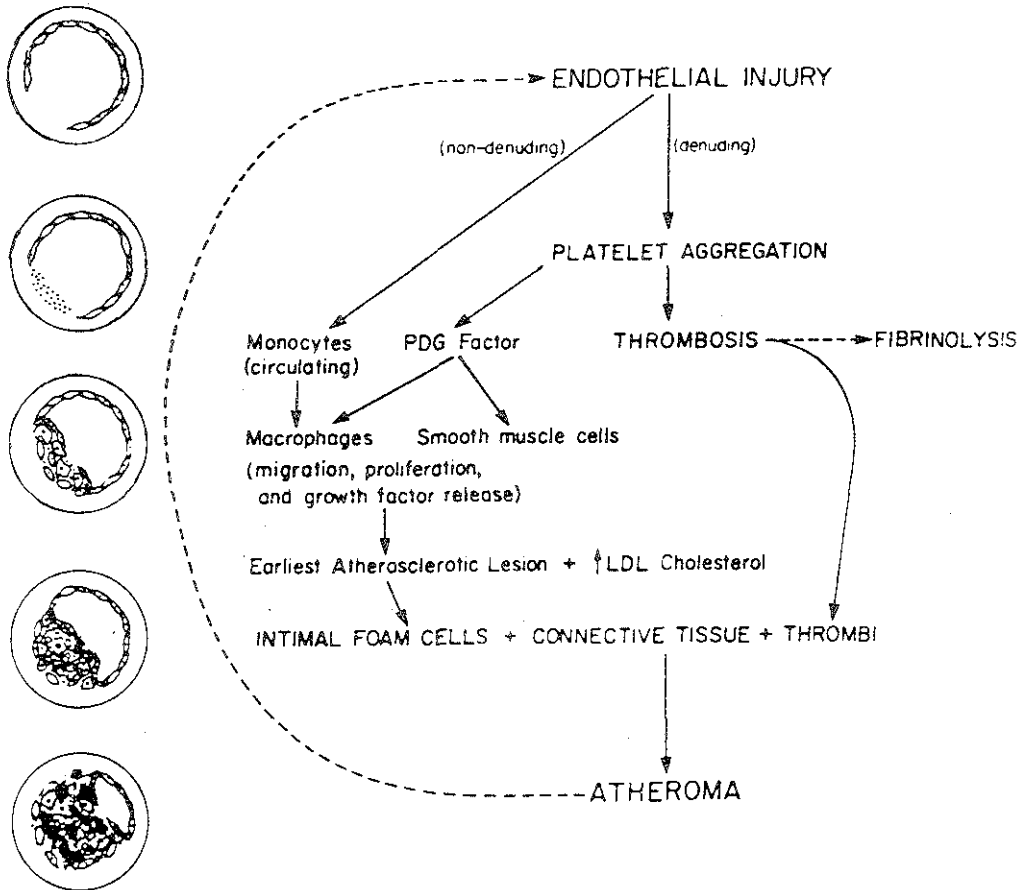


Fig. 2. Sequential steps in the pathogenesis of atherosclerosis.

Table 6. Biological activities of major eicosanoids produced from n-6 and n-3 polyunsaturated fatty acids³⁹⁾

	AA (C20 : 4n-6)	EPA (C20 : 5n-3)
Endothelium	PGI ₂ antiaggregatory vasodilatory	PGI ₃ antiaggregatory vasodilatory
Platelet	TXA ₂ aggregatory vasoconstrictive	TXA ₃ not aggregatory less vasoconstrictive
Neutrophils, monocyte/ macrophage	LTB ₄ chemotactic	LTB ₅ weakly chemotactic

집적체와 혈관확장 작용은 비슷하지만 TXA₂에 비해 TXA₃는 혈소판 응집력과 혈관 수축효과가 낮다. 혈소판 응집은 PGI₁/TX₂의 비율에 의하여 결정이 되는데 EPA에 의하여 이 비율이 낮아져서 혈소판 응집이 적어진다고도 풀이한다³³⁾. 또한 EPA에서 생성된 LTB₅는 AA에서 생성된 LTB₄에 비하여 macrophage의 chemotactic activity

촉진 효과가 낮다. 결과적으로 EPA로부터 생성되는 eicosanoid들이 AA로 생성되는 것들에 비하여 atheroma 형성을 저하시키므로 동맥경화의 발생을 억제하게 된다. 최근 연구들에 의하면, 이외에도 동맥경화 예방에 관련된 n-3 지방산의 작용은 많이 밝혀졌는데, Table 7에서 볼 수 있는 바와 같이 plasmin activator를 통한 혈전용해 효과, platelet activating factor, endothelial derived relaxing factor 활성 저하, 혈구의 유동성과 혈류를 원활히 해주는 효과 등이 있다³⁴⁾. 그러나 n-3 다불포화지방산은 peroxidizability가 커서 LDL의 산화를 촉진할 우려가 있는데 이에 대한 직접적인 보고는 없으나 어유로 섭취로 혈청 지질과산화물이 증가한 결과들이 있다^{35,36)}.

비타민 E와 동맥경화

Fig. 2의 동맥경화 발생 기전에 의하면 LDL-콜레스

테롤이 macrophage에 의하여 포획되어 foam cell을 형성하는 것으로 되어 있으나, in vitro에서 macrophage는 정상적인 LDL receptor를 가지고 있지 못하며 normal LDL을 잘 포획하지 못하였다³⁷⁾. 그러나 acetylation 등의 변화된 (modified) LDL은 scavenger receptor로 잘 포획하여 foam cell로 전환시킨다는 사실과 체내에서 LDL은 지질부분이 가장 산화되기 쉬우므로 in vivo에서 생성되기 쉬운 modified된 LDL은 산화 형태 (oxidized LDL)라고 추정하게 되었다³⁸⁾. LDL은 내피세포, 림부근 근육세포내에 lipoxigenase에 의하여³⁹⁾, macrophage에서 생성되는 superoxide radical 의하여⁴⁰⁾, 또 식품을 통하여 들어온 과산화지질에 의하여도⁴¹⁾ 산화되는 것으로 밝혀졌다. 산화된 LDL은 내피손상을 일으켜 동맥경화 기전을 개시하기도 하고, macrophage의 foam cell 전환을 촉진 할 뿐 아니라 내피세포에 들어온 monocyte의 혈액으로 이동되는 것을 방해하고, 내피세포를 증식시키는 등 복합적인 작용으로 동맥 경화를 유도한다³⁸⁾. 따라서 LDL의 산화 억제제가 가장 기초가 되겠으며 지질 산화 억제제인 비타민 E의 역할이 주목되었다. 비타민 E는 주지하다시피 식물성 종자유에 존재하는 지질 성분으로 식물성 유지에 의한 동맥 경화 발생 저하가 구성 다불포화지방산의 역할에 국한된 것이 아니라 비타민 E도 참여했을 것이라는 주장이 공고해져

가고 있다. 이에 부응하는 결과가 Gey 등⁴²⁻⁴⁴⁾의 수차례에 걸친 대규모 역학조사에서 보여지고 있다. 1987년부터 발표된 유럽 16개 지역의 사람들을 대상으로 허혈성 심질환 (ischemic heart disease ; IHD)으로 인한 사망과 혈장 비타민 E과의 역 상관관계가 매우 높았다⁴⁴⁾(Fig. 3). 이 IHD 사망과의 관계에서 혈장 콜레스테롤이 정상 범위에 있는 사람들만을 대상으로 분석하였을 때는 혈장 콜레스테롤과의 상관성 ($r^2=0.04$)이 거의 없어지는 반면, 비타민 E와의 상관계수 (r^2)는 0.73으로 더 부각되었다. 각종 공해물은 체내외에서 과산화를 촉진하므로서 유해하다고 알려져 있다. 공해문제가 심각해져 가는 현대에서는 암과 함께 동맥경화 발생억제에 비타민 E와 같은 항산화 영양소의 중요성이 더 크게 인식될 것으로 생각된다.

지방질 식이지침과 현황

동맥경화를 예방하는 식이지침에서 지방과 콜레스테롤섭취에 관한 항목이 기본이 되고 최근 연구에서 밝혀진 비타민 E와 다른 비지질성 영양소들의 추가에 대해 많은 연구자들이 긍정적으로 받아 들이고 있다. 이러한 사항들을 Table 8에 요약하였다. 1991년 세계 보건기구에서는 'Diet, Nutrition and the Prevention of

Table 7. n-3 Very long-chain fatty acids and factors related to atherogenesis⁴⁴⁾

Factor	Function	n-3 effect
Thromboxane (TXA ₂)	Platelet aggregation Vasoconstriction	↓ (TXA ₂)
Prostacyclin (PGI ₂)	Lower platelet aggregation	- (PGI ₂)
Tissue plasminogen activator (TPA)	Thrombolysis	↑
Fibrinogen	Blood clotting	↓?
Platelet activating factor (PAF)	Platelet activation	↓
Leukotriene (LTB ₄)	Chemotactic agent Neutrophil aggregation	↓ (LTB ₅)
Growth factor (PDGF)	Chemotactic agent Mitogen	↓
Cytokines (IL-1, TNF)	Monocyte adhesion Stimulates PAF Inhibits plasminogen action Smooth muscle cell proliferation O ₂ radicals in neutrophils	↓?
Endothelial derived relaxing factor (EDRF)	Reduced vasoconstriction in arteries	↓
Endothelial leakage	Eicosanoids?	↓
Oxygen free radicals	Cell damage Modification of LDL	↓?
Blood viscosity	Blood flow	↑
Arterial compliance	Unknown	↑
Blood cell fluidity	Cell resistance	↑
Plasma triglycerides	Hepatic synthesis	↓
Blood pressure	Eicosanoids?	↓

Chronic Diseases' 라는 제목의 200페이지 달하는 보고서²⁾를 작성하여 전 세계인에게 적용할 수 있는 영양목표(The Population Nutrient Goals)를 제시하였다. 이 목표에 의하면 지방섭취의 상한선을 30cal%로 하여, 구미지역에서의 과다한 지방섭취로 인한 동맥 경화를 비롯한 만성질환을 억제하고자 하였고, 하한선을 15cal%로 하여 필수지방산 및 지용성 비타민들의 영양부족이 없도록 하였다. 지방량 30cal% 중 포화지방, 다불포

화지방이 각각 10cal%, 7cal%를 넘지 않도록 하였고, 다불포화지방산은 필수지방산의 결핍을 막기 위하여 3cal%의 하한선을 제정하였다. 포화지방산의 하한선이 없다 할지라도 다불포화지방의 상한선이 있고, 또 포화지방산을 함유하지 않은 식이지방이 없기 때문에 실제로는 어느 정도 섭취하게 된다. 미국의 식이목표는 현재 40cal% 내외인 총 지방 섭취량을 30cal%로 낮추고, 다불포화/단일불포화/포화 지방산 비율(P/M/S)을 1/1/1로 정하였는데 세계보건기구에서 설정한 기준에 포함된다. 우리나라에서는 국민의 평균 지방 섭취량이 35g이며⁴⁵⁾ 1987년 한국영양학회에서 제정한 식이 지침에 20cal%다⁴⁶⁾. 이 양들은 세계보건기구에서 제정한 범위내에 있어 큰 문제가 없다고 생각되지만 지방섭취가 30cal% 이상되는 사람들이 5%에 이르러 이들에 대한 영양계도가 중요하다. 반면 지방섭취가 15cal% 이하인 사람들도 39%로 많기 때문에 하한선 유지에 대한 실천방안도 동시에 수행되어야 한다. 우리나라 식품분석표에 콜레스테롤 함량이 많이 수록되지 않아⁴⁷⁾ 국민영양조사에서 그 섭취량이 보고되지 않고 있는데, 식품섭취 빈도를 이용한 연구 결과에 의하면 220mg 내외이며 300mg 이상 섭취자는 별로 많지 않았다⁴⁸⁾. 그러나 조사대상이 사회 일부 계층이었고, 섭취 빈도 조사 방법의 한계가 있으므로 더 정확한 연구가 필요하다.

다불포화지방을 섭취함에 있어서 n-6계와 n-3계의 각각의 적정량과 비율이 중시되고 있다. Table 8에서 지적된 대로 정상인에게는 n-3 다불포화지방을 1일 1~2g, 동맥경화, 고혈압 등의 환자에게는 2~4g을, n-6/n-3 비율은 대체로 4~10을 추천하고 있다⁴⁹⁾. 이러한 범위안에서 1990년도 캐나다 보건후생부에서는 나이, 성별, 임신, 수유기에 따라 n-3, n-6 다불포화지방산의 권장량을 세분화하여 제정한 바 있다⁵⁰⁾. n-6계는 식물

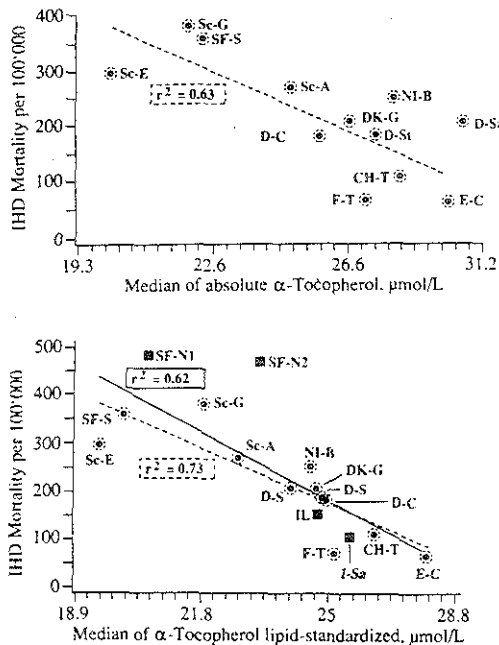


Fig. 3. Cross-cultural comparisons of the vitamin substudy MONICA project : inverse correlations between age-specific IHD mortality and the medians of logarithms of plasma vitamin E. Upper panel : absolute vitamin E concentration in 12 study samples with the same cholesterol concentration. Lower panel : lipid-standardized vitamin E in the same 12 normocholesterolemic study populations (dotted regression line for study sites, with big dots surrounded by dotted circles) as well as all 16 study populations (solid regression line after inclusion of hypo- and hypercholesterolemic study populations, symbolized by squares). r^2 is a measure of the explained proportion of total variance. CH-T, Switzerland, Thun ; D-C, D-St and D-Sz, Germany, Cottbus, Schwedt, and Schleiz ; DK-G, Denmark, Glostrup/Copenhagen ; E, Spain, Catalonia north of Barcelona ; F, France, Toulouse/Haute Garonne ; IL, Istael, Tel Aviv ; ISa, Italy, Sapri, Golfo di Policastro ; NI-B, Northern Ireland, semiurban Belfast ; SC-A, -E and -G, Scotland, Aberdeen, Edinburgh, and Glasgow ; SF-N1, -N2, -S, Finland, rural North Karelia 1(1983), rural/semiurban North Karelia 2(1987), and rural Southwest Finland. Reproduced from Gey et al⁴⁹⁾.

Table 8. Guidelines of intakes of fat and cholesterol for prevention of atherosclerosis

1. Fats and cholesterol ²⁾		
(1) Total fat		upper limit 30, lower limit 15cal%
(2) Saturated Fat	10,	0cal%
Polyunsaturated fat	7,	3cal%
(3) Cholesterol	300,	0mg/day
2. n-3 polyunsaturated fat ³⁾		
(1) Normal person ;	1-2g/day, CHD patient ;	2-4 g/day
(2) n-6/n-3 ratio ;	4-10	
3. Vitamin E ⁴⁾		
(1) Current RDA ;	8-10TE	
(2) Suggested	20-33TE	

성 유지에서만 공급되지만 n-3계는 식물성 유지와 생선에서 다 공급될 수 있다. 그러나 식물성 n-3 지방산인 α -linolenic acid는 들기름(60%정도) 외에 다른 식물성 유지에는 들어 있는 양은 최고 7~8%(대두유)정도이다. n-3 지방산의 주요 작용이 eicosanoid에 의하여 이루어지는데 이들의 직접적인 공급원은 어유에 있는 EPA다. α -Linolenic acid가 체내에서 EPA로 전환된다 하더라도 효율적인 체내 대사, 특히 동맥 경화예방을 위하여 EPA와 DHA의 형태로 일정량 섭취되어야 한다는 견해가 지배적이다. Simopoulos⁵¹는 n-3 지방산의 섭취를 둘로 나누어 α -linolenic acid를 1일 0.8~1.1g, EPA + DHA 0.3~0.4g으로 제시하였다. 이렇게 n-3 지방산 섭취에 대하여 많은 영양학자들이 그 중요성을 강조하지만 실제 섭취량은 미국에서 EPA가 50mg, DHA가 80mg 정도이며, 대부분의 서구식에서 n-6/n-3 비율은 10~25까지로 높다. 우리나라에서 조사된 n-3 지방 총 섭취량은, n-6/n-3 비율도 8~10으로 추천치의 상한에 있었다⁵². 생선섭취를 권장하는 식이지침이 알려지고 유럽에서는 margarine, mayonnaise, salad dressing 등 가공 유지 식품에 n-3지방 첨가에 대하여 상당한 진척을 보이고 있다⁵³.

비타민 E는 동맥 경화 예방 측면외에도 다른 만성 질환이나 면역능 강화에 관점에서도⁵³ 최근 매우 주목을 받는 영양소로서 기존의 권장량을 증가시켜야 된다는 주장이 높아가고 있다. 현재 미국과 우리나라에서 통용되는 여자 8, 남자 10, tocopherol equivalent (TE)의 권장 수준은 factorial study에 정한 것이 아니라 미국에서 건강한 성인이 섭취하고 있는 양에 준하여 정해진 것이다. 미국인의 평균 섭취량은 여자 5.4TE, 남자 7.3TE로 보고되었으며 우리나라에서는 이에 대한 대규모 조사 결과는 없으나 우리나라의 일주일 평상식단으로부터 산출한 1일 식사에 함유된 양은 총 tocopherol 8.3mg으로 나타났다⁵⁴. 그러나 이 조사에서의 식단이 매 식사가 전반적인 영양의 균형을 이룬 것이므로 일반 사람들의 실제 섭취는 이보다 낮으리라고 사료된다. 미국사람들이 평균적으로 권장량에 이르지 못하므로 현재의 권장량이 낮지 않다고 생각되나 Gey 등⁴²은 역학조사에서 나타난 결과에 준하여 동맥경화 방지를 위하여는 20~33TE를, 위암과 기타 공해에 의한 피해로부터 보호하자면 40~67TE까지 비타민 E의 권장량을 증가해야 된다고 보고하였다. 현재의 식습관으로 Gey 등⁴²이 제시한 양의 비타민을 섭취하는 것은 불가능하지만 어느 정도 증가할 필요는 있다고 생각된다. 특히 노인이나 기타 만성병의 초기에 있는 사람들은

비타민 정제로의 보충을 추천할 수 있다. 비타민 E 과잉으로 인한 독성이 현재까지는 별로 알려지지 않았지만 지용성이므로 과량 복용시 체내에 축적될 수 있다는 점을 명심해야 하겠다. 따라서 앞으로 권장량 증량, 또는 과량의 장기 복용으로 인한 영향에 대해 연구가 필요하다. 현재로서는 식이나 정제 등으로 하루 섭취하는 양을 좀 더 정확히 파악해야겠고, 무분별한 과량 복용은 바람직하지 않다고 생각된다. 또한 동맥 경화에 관련되는 지질의 식이요인들, 즉 섬유소, 단백질, 무기질, 기타 비타민과 지질과의 상호 작용이 중요하다는 것도 생각해야 된다.

요 약

동맥경화증은 유전 및 여러 환경 요소들에 의하여 발생하는 다요인적 질병으로 지질영양과 밀접한 관계가 있다. Seven Countries Study, Framingham Study 등 대표적인 역학조사와 여러나라에서 행한 대규모의 intervention trial 연구에서 혈청 콜레스테롤이 관상동맥경화증의 제 1의 위험인자로 인식하게 되었으며, LDL-콜레스테롤의 증가가 핵심적인 적신호로 간주되고 있다. 식이지질 중 포화지방산, 콜레스테롤이 혈청 콜레스테롤을 상승시키는 반면 다불포화지방산은 혈청콜레스테롤을 저하시키는 것이 밝혀지고, Keys, Hegsted 등이 세가지 요인에 의한 혈청 콜레스테롤 변화율 수식화하였다. 개별적인 지방산들이 혈청 콜레스테롤 수준에 미치는 영향에 대해 연구한 결과, 포화지방산에서는 chain length에 따른 차이, 단일불포화지방산에서는 cis, trans 이성체간의 차이, 다불포화지방산은 n-6, n-3 계 간의 차이가 보고되고 있다. n-3계 다불포화지방산의 동맥경화 억제 효과는 thrombosis 저하가 큰 요인으로 작용한다. 이러한 연구들을 토대로 총식이지방과 포화지방산, 콜레스테롤의 상한선을 각각 30cal%, 10cal%, 300mg/day로, n-3 지방산은 1~2g/day으로 추천되었다. 최근 동맥경화 발생에 LDL의 산화가 주도적 역할을 한다는 견해에 따라 비타민 E의 영양이 강조되고, 그 권장량을 증가하자는 주장이 높다. 앞으로 동맥경화 질환발생기전에 대한 새로운 규명과 아울러 이에 대처하는 지질영양에도 변화, 발전될 것으로 전망된다.

문 헌

1. 통계청 : 92년 사망원인 통계 (1993)
2. WHO : Diet, nutrition and the prevention of chronic

- diseases. Technical Report Series, No. 797 (1990)
3. Keys, A. : *The cholesterol problems*. Voeding, p.539 (1952)
 4. Kaevonen, M. J., Blomquist, G. and Kallio, V. : Men in rural east and west Finland. *Acta Med. Scand.*, **460** (suppl.), 169(1967)
 5. Keys, A. : Coronary heart disease in seven countries. *Circulation*, **41** (suppl.), 1(1970)
 6. Castelli, W. P., Garrison, R. J., Wilson, P. W. F., Abbott, R. D., Kalousdian, S. and Kannel, W. B. : Incidence of coronary heart disease and lipoprotein cholesterol levels. The Framingham study. *JAMA* **256**, 2835(1986)
 7. The Lipid Research Clinic Program : The Lipid Research Clinics coronary prevention trial results : II. The relationship of reduction in incidence of coronary heart disease to cholesterol lowering. *JAMA*, **251**, 365 (1984)
 8. The Expert Panel : Report of the national cholesterol education program expert panel on detection, evaluation and treatment of high cholesterol in adults. *Arch. Intern. Med.*, **148**, 36(1988)
 9. Miesenöck, G. and Patsch, J. R. : Relationship of triglyceride and high-density lipoprotein metabolism. In "Atherosclerosis reviews" Leaf, A. and Weber, P. C. (eds.), Raven Press, New York, Vol. 21, p.119(1990)
 10. Poapst, M., Reardon, R. H. and Steiner, G. : Relative contribution of triglyceride-rich lipoprotein particle size and number to plasma triglyceride concentration. *Arteriosclerosis*, **5**, 381(1985)
 11. Schonfeld, G. : Disorders of lipid transport-update 1983. *Prog. Cardiovasc. Dis.*, **26**, 89(1983)
 12. Bottiger, L. E. and Carson, L. A. : Risk factors for ischaemic vascular death for men in the Stockholm prospective study. *Atherosclerosis*, **36**, 389(1980)
 13. Kinsell, L. W., Partridge, L., Boling, S., Margen, S. and Michaels, G. : Dietary modification of serum cholesterol and phospholipids levels. *J. Clin. Endocrinol.*, **12**, 909(1952)
 14. Ahrens, E. H., Hirsh, W., Insull, T., Tsaltas, T., Blomstrand, R. and Peterson, M. L. : The influence of dietary fats on serum-lipid levels in man. *Lancet*, **1**, 943 (1957)
 15. Beveridge, J. M. R., Connell, W. F. and Mayer, G. A. : The nature of the substances in dietary fat affecting the level of plasma cholesterol in humans. *Can. J. Biochem. Physiol.*, **35**, 257(1957)
 16. Bronte-Stewart, B., Keys, J. F., Brock, A. D., Moodie, M., Keys, H. and Antonis, A. : Serum-cholesterol, diet and coronary heart-disease : an inter-racial survey in the Cape Peninsula. *Lancet*, **2**, 749(1957)
 17. Keys, A. : Serum cholesterol response to dietary cholesterol. *Am. J. Clin. Nutr.*, **40**, 351(1984)
 18. Keys, A., Anderson, T. and Grande, F. : Serum cholesterol response to changes in the diet, IV. Particular saturated fatty acids in the diet. *Metabolism*, **14**, 776 (1965)
 19. Hegsted, D. M., McGandy, R. B., Myers, M. L. and Stare, F. J. : Quantitative effects of dietary fat on serum cholesterol in man. *Am. J. Clin. Nutr.*, **17**, 281 (1965)
 20. McGandy, R. B., Hegsted, D. M. and Myers, M. L. : Use of semisynthetic fats in determining effects of specific dietary fatty acids on serum lipids in man. *Am. J. Clin. Nutr.*, **23**, 1288(1970)
 21. Bonanome, A. M. and Grundy, S. M. : Effect of dietary stearic acid on plasma cholesterol and lipoprotein levels. *N. Engl. J. Med.*, **318**, 1244(1988)
 22. Mensink, R. P. and Katan, M. B. : Effect of dietary trans fatty acids on high-density and low-density lipoprotein cholesterol levels in healthy subjects. *N. Engl. J. Med.*, **323**, 439(1990)
 23. Nestle, P., Noakes, M. and Belling, B. : Plasma lipoprotein lipid and Lp(a) changes with substitution of elaidic acid for oleic acid in the diet. *J. Lipid Res.*, **33**, 1029(1992)
 24. Lichtenstein, A. H., Ausman, L. M., Carrasco, W. M., Jenner, J. L., Ordovas, J. M. and Schaefer, E. J. : Hydrogenation impairs the hypolipidemic effect of corn oil in humans. *Arterio. Thromb.*, **13**, 154(1993)
 25. Mensink, R. P., Zock, P. L., Katan, M. B. and Honstra, G. : Effect of dietary cis and trans fatty acids on serum lipoprotein (a) levels in humans. *J. Lipid Res.*, **33**, 1493(1992)
 26. Willett, W. C., Stampfer, M. J. and Manson, J. E. : Intake of trans fatty acids and risk of coronary heart disease among women. *Lancet*, **341**, 581(1993)
 27. Bang, H. O. and Dyerberg, J. : Plasma lipids and lipoproteins in Greenlandic West-coast Eskimos. *Acta Med. Scand.*, **192**, 85(1972)
 28. Dyerberg, J., Bang, H. O. and Stofferson, E. : Eicosapentaenoic acid and prevention of thrombosis and atherosclerosis. *Lancet*, **2**, 117(1978)
 29. Harris, W. S. : Fish oils and plasma lipid and lipoprotein metabolism in humans : a critical review. *J. Lipid Res.*, **30**, 785(1989)
 30. Schmidt, E. B., Klausen, I. C., Kristensen, S. D., Lervang, H.-H., Faergeman, O. and Dyerberg, J. : Effect of ω -3 fatty acids on lipoprotein (a). 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.), World Rev. Nutr. Diet, 66, p.529(1991)
 31. Suh, M. and Lee, S.-H. C. : Effect of dietary ω -3 fatty acids on mitochondrial respiration and on lipid composition in rat heart. *Korean Biochem. J.*, **19**, 160(1986)
 32. Weber, P. C. : Atherosclerosis risk factors modification by n-3 fatty acids. In "Atherosclerosis reviews" Leaf, A. and Weber, P. C.(eds.), Raven Press, New York, Vol. 21, p.91(1990)
 33. Dyerberg, J. : Linolenate-derived polyunsaturated fatty acids in prevention of atherosclerosis. *Nutr. Res.*, **44**, 125(1986)
 34. Drevon, C. A. : Marine oils and their effects. *Nutr. Rev.*, **50**, 38(1992)
 35. Leibovitz, B. E., Hu, M.-L. and Tappel, A. L. : Lipid peroxidation in rat tissue slices : Effect of dietary vitamin E, corn oil-lard and menhaden oil. *Lipids*, **25**,

- 125 (1990)
36. Meydani, M., Natiello, F., Goldin, B., Free, N., Woods, M., Schaefer, E., Blumber, J. B. and Gorbach, S. L. : Effect of longtime fish oil supplementation on vitamin E status and lipid peroxidation in women. *J. Nutr.*, **121**, 484 (1991)
 37. Steinberg, D., Zhang, H. and Loughheed, M. : Role of oxidatively modified LDL in atherosclerosis. *Free Radic. Biol. Med.*, **9**, 155 (1990)
 38. Quinn, M. T., Parthasarathy, S., Fong, L. G. and Steinberg, D. : Oxidatively modified low density lipoproteins : A potential role in recruitment and retention of monocyte/macrophages during atherogenesis. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **84**, 2995 (1987)
 39. Steinbrecher, U. P., Parthasarathy, S., Leake, D. S., Witztum, J. L. and Steinberg, D. : Modification of low density lipoprotein by endothelial cells involves lipid peroxidation and degradation of low density lipoprotein phospholipids. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **83**, 3883 (1984)
 40. Parthasarathy, S., Printz, D. J., Boyd, D., Joy, L. and Steinberg, D. : Macrophage oxidation of low density lipoprotein generates a modified form recognized by the scavenger receptor. *Arteriosclerosis*, **6**, 505 (1986)
 41. Kubow, S. : Lipid oxidation products in food and atherogenesis. *Nutr. Rev.*, **51**, 33 (1993)
 42. Gey, K. F., Brubacher, G. B. and Stähelin, H. B. : Plasma levels of antioxidant vitamins in relation to ischemic heart disease and cancer. *Am. J. Clin. Nutr.*, **45**, 1368 (1987)
 43. Gey, K. F. and Puska, P. : Plasma vitamins E and A inversely related to mortality from ischemic heart disease in cross-cultural epidemiology. *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, **570**, 268 (1989)
 44. Gey, K. F., Puska, P., Jordan, P. and Moser, U. K. : Inverse correlation between plasma vitamin E and mortality from ischemic heart disease in cross-cultural epidemiology. *Am. J. Clin. Nutr.*, **53**, 326S (1991)
 45. 보건사회부 : 국민영양조사서 (1990)
 46. 한국영양학회 : 한국인을 위한 식이지침. 한국영양학회지, **19**, 81 (1986)
 47. 농촌진흥청 농촌영양개선연수원 : 식품성분표(제4개정판). (1991)
 48. 이옥주 : 대구지역 중년남성의 식생활과 혈청지질, 비타민 E 영양상태에 관한 조사. 효성여자대학교 석사학위논문 (1994)
 49. Barlow, S. M., Young, F. V. K. and Duthie, I. F. : Nutritional recommendations for n-3 polyunsaturated fatty acids and the challenge to the food industry. *Proc. Nutr. Soc.*, **49**, 13 (1990)
 50. Scientific Review Committee : Nutritional Recommendations. Ottawa : Minister of National Health and Welfare, Canada (H49-42/1990E)
 51. Simopolus, A. P. : Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development. *Am. J. Clin. Nutr.*, **54**, 438 (1991)
 52. 오경원, 박계숙, 김택제, 이양자 : 일부 대학생의 지방산 섭취량과 섭취지방산의 n-3, n-6계 지방산 및 P/M/S 비율에 관한 연구. 한국영양학회지, **24**, 399 (1991)
 53. Kelleher, J. : Vitamin E and the immune response (Symposium on micro-nutrients and the immune response). *Proc. Nutr. Soc.*, **50**, 245 (1991)
 54. 김천호 : 한국인 영양섭취에 관한 연구 (제 1보). 한국영양학회지, **19**, 289 (1986)
- (1994년 1월 11일 접수)

바로잡습니다.

- 22권 6호 (1993년 12월)의 Page 771의 윤석근, 동덕여자대학교 식품공학과를 "윤석근, 동덕여자대학교 식품영양학과"로 수정합니다.

- 22권 6호 (1993년 12월)의 Page 778의 Fig. 1을 아래와 같이 수정합니다.

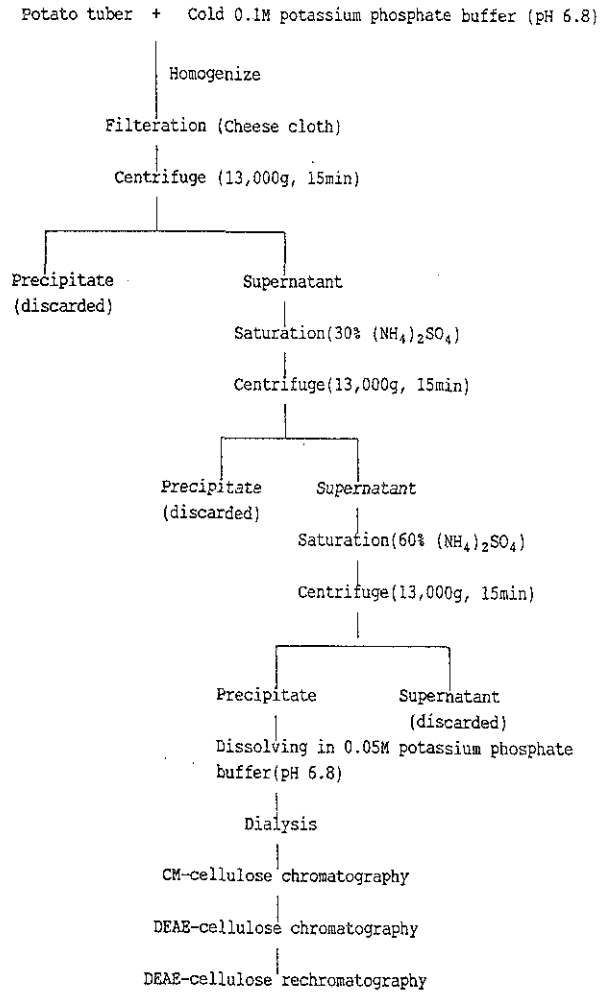


Fig. 1. Procedure for the isolation and purification of the lipoxigenase isoenzymes from potato tuber.