심 포 지 움 초 록

1

한국인 식용유지의 영양적인 견지에서본 생체 유용성에 관한 고찰

이화여자대학교 식품영양학과
교수 김 숙 희

1997년 5월 30일

지방영양의 문제는 1950년이래 미네소타 대학의 A. Key 박사가 혈액내에 콜레스테롤의 함량이 높으면 동맥 경화 유발의 가능성이 높아지며 혈액내의 콜레스테롤량은 동물성 지방 섭취량과 비례한다고 지적한 이래로 많은 영양학자의 관심을 모으게 되었다.

우리나라도 1960년이후 경제성장의 속도가 빨라지고 1970년대 중반에 국민일인당 GNP 가 미화로 $1,000대가 되고 열량공급량이 국민들의 소요량을 능가하는 소위 열량충족의 수준에 도달하면서 심장, 순환계 질환의 이환율이 서서히 증가하게 되었다. 1920년의 주요사망원인은 전염병, 소화계질환, 호흡계질환이, 1960년대는 폐렴, 결핵같은 영양결핍이나 위생이 떨어진 환경에서 발생하는 질병들이 수위를 차지하고 있으나 1970년이후에는 순환기계질환, 고혈압, 뇌졸증과 같은 질병이 사망원인의 1위를 차지하게 되었다.

우리나라 사람들의 순환계질환의 종류를 서구인과 비교해보면 상당히 차이를 보이고 있다. 서구인은 동맥경화증이 많이 발생하는것에 비해 우리나라 사람들은 뇌 졸증을 포함한 뇌혈관 질환으로 사망하는 인구가 더 많다. 1991년도 발표된 자료에 의하면 미국인은 허혈성 심질환사망율(183명/10만명)은 뇌혈관 질환의 사망율(67명/10만명)의 약 2.7배에 달한다. 그러나 우리나라의 경우 1995년에 발표된 자료에 의하면 뇌혈관 질환 사망율(84명/10만명)이 허혈성 심질환(10명/10만명) 사망율 보다 8배 이상이 된다.

이러한 질병발생에 있어서 영향을 주는 식이인자중 지방이 가장 큰 역할을 한다고 알려져 있다. 우리나라 사람들은 미국인은 거의 섭취하지 않는 들기름과 참기름을 선호하고 있으므로 이러한 식이지방차이가 질병발생에 어떤 영향을 주는지 다양한 견해에서 이들의 영양학 생체 유용성을 규명해보는 것은 필요하다고 생각된다.

그러므로 본고는 한가지 식이지방의 효과, 지방들을 일정하게 혼합하였을 때 효과, P/S비율이나 n-3/-6비율에 따른 효과, 탄수화물과 지방급원에 따른 효과를 다음과 같은 8부분으로 나누워 고찰하였다.

1. 식용유지공급양과 섭취량 및 지방산 조성

2. 체내 지방 축적
3. 혈액내의 지방성분
4. 혈전
5. 지질과산화
6. 면역능력
8. 세포막의 유동성및 두뇌기능

1. 식용유지공급양과 섭취량 및 지방산 조성

우리나라의 주요 식용유 생산현황은 쌀재배량이 많기 때문에 미강유가 단연 수위이다 이를 제외하고는 들기름, 참기름의 순서로 생산되고 있지만 우리나라 사람들의 수요를 따르지 못하기 때문에 유지류의 공급량의 거의 90%는 수입에 의존하고있는 실정이다(표1). 공급되는 양으로 보면 콩기름, 팜유, 야자유, 옥배유, 미강유, 참기름 들기름의 순서이다(표2).

표 1. 연도별 국내 유지류 생산량 (M/T)

유지 \ 년도	1974	1980	1985	1990	1993
콩기름	3,572	68,229		7,695	1,023
참기름	4,219	10,164	12,600	10,250	7,501
들기름	1,563	800	4,850	6,735	8,174
유채유	13,461	10,185	3,020	2,662	1,673
미강유	10,022	14,670	18,150	11,476	24,591
옥배유	216	6,890	300	2,614	
면실유		702	210	0	
고추씨유		790	740	177	
어유		4,120	4,400	1,479	1,099

식품수급표, 한국농촌경제연구소, 1993

표 2. 연도별 유지류 공급량 (1,000M/T)

유지 \ 년도	1977	1980	1985	1990	1993
콩기름	19	67	133	156	186
참기름	7	9	13	13	21
들기름	1	1	5	5	8
유채유	10	9	3	3	17
미강유	5	15	18	11	24
옥배유		7	17	33	55
면실유		2	7	30	17
팜유	2	29	83	197	154
야자유	7	5	17	53	40
우지	68	33	52	93	54
돈지	2	5	9	0	0
어유	2	5	10	12	5

식품수급표, 한국농촌경제연구소, 1993

국민영양조사에의하면 우리나라 국민의 1일 지방섭취량은 1969년 조사가 시작한 이래로 꾸준히 증가하는 추세로 1993년에는 1일 1인 36.9g 이였다. 이중 순수한 지방의 형태로는 약 20%인 7.4g을 섭취하며 나머지는 다른 식품의 성분을 통해 섭취하고 있었다(표3). 지방의 주요 공급식품으로는 육어류가 33%로 가장 많았고 밥을 주식으로하는 우리나라의 경우는 곡류를 통해 전체 지방의 27%를 섭취하고 있었는데 이는 버터, 라드, 쇼트닝, 마가린의 섭취 비율이 총 지방 섭취량의 58%를 점유하고있는 서구와는 다른 지방급원을 가지고 있다고 할 수 있다.

표 3. 연도별 지방 및 유지류 섭취량 (g/일)

	1974	1977	1980	1985	1990	1993
총지방	15.5	28.0	21.8	29.5	28.9	36.9
식물성유지류	2.3	6.1	4.4	7.0	5.6	7.0
동물성유지류	0.0	0.8	0.1	0.1	0.4	0.4

보건복지부, 국민영양조사보고서, 1993

식이지방은 99.9%가 지방으로 되어 있으나 지방에 따라 지방산의 조성은 매우 다르므로 이러한 지방산의 차이에 의해 식이지방의 생체활성이 달라지게 된다. 본 고에서 고찰한 여러실험에 사용된 지방을 중심으로 알아보면 우지는 대표적인 동물성 지방으로 pamiticacid, stearic acid, oleic acid가 주요지방산이다. 식물성유지중에서 들기름은 45-50%정도가 linolenic acid로 구성되어 있어 n-3지방산의 중요한 식물성급원이며 참기름, 옥수수기름, 콩기름은 약 50-60%정도가 linoleic aicd로 되어 있다. 이중에서 콩기름은 linolein acid를 10%정도 함유하고 있는 것이 다른 식물성유와의 차이이다. 그리고 어유는 사슬이 긴(C:20, 22)지방산을 가자고 있으며 DHA가 27%로 조정된 유지를 사용하였다(표4).

표 4. 식이지방의 지방산 조성 (% total fatty acid)

Fatty acid	Beef tallow	Sesame oil	Perilla oil	Soybean oil	Corn oil	Tuna oil (DHA rich)
C 14:0	4.8	-	_	_	_	3.97
C 16:0	21.7	11.9	9.2	9.6	11.2	19.26
C 16:1	3.3	0.07	_	0.3		6.25
C 18:0	24.3	4.7	1.2	4.5	2.1	5.02
C 18:1(n-9)	36.0	28.5	10.6	19.1	34.7	15.02
C 18:2(n-6)	7.1	50.5	29.2	52.9	50.5	1.42
C 18:3(n-3)	0.7	1.5	47.0	10.8	1.5	0.85
C 20:4(n-6)						1.90
C 20:5(n-3)						5.70
C 22:5(n-6)						2.94
C 22:6(n-3)						27.21
Unknown	2.1	2.8	2.8	2.8	4.2	10.46

2. 체내 지방 축적

(1) 소화율

지방의 소화율은 식이지방수준에 따라 유의적인 차이가 나타났는데 무게의 2%의 지방섭취시 가장 낮았으며 30%일때는 지방수준이 증가할수록 지방소화율이 증가하였다. 식이종류에 따라서는 돼지기름에 비해 들기름과 어유섭취시 소화율이 증가하였으나 유의적인 차이는 아니었다.

(2) 지방조직축적(Epididymal fat pad)

체내 지방축적은 부고환지방조직의 무게로 알아보았다. 한가지 식이지방만을 사용하였을때는 우지나 돼지기름을 섭취한군에 비해 참기름, 들기름, 어유를 섭취한 군이 낮았다. 같은 식물성지방중에서는 미강유가 참기름이나 들기름에 비해서 지방조직무게가 높았다 어유섭취시 지방조직무게가 가장 낮았는데 여러 지방에 어유를 첨가하였을때는 지방에 따라 효과가 달라서 우지와 들기름에 어유를 첨가하면 지방조직이 감소하였으나 참기름은 증가하는 다른 결과가 나타났다.

그리고 우지군에 n-3지방산의 첨가효과를 급원에 따라 보면 우지만 섭취한군이 어유와 들기름을 혼합한 군보다 무거웠으며 혼합비율이 높을수록 유의적으로 무게가 적었다. 여러 지방을 적절히 혼합하여 식이지방의 LA/LNA비율을 변화시켰을때는 비율이 감소할수록 지방무게가 감소하는 경향이였으나 유의적이지는 않았다. 또한 P/S비율과 n-6/n-3비율을 함께 변화하였을때는 요인분석에서 P/S비율이 증가할수록 감소하는 유의적인 변화가 나타났으며 이는 n-6/n-3비율이 4일 때 가장 많이 감소하였다.

지방과 함께 탄수화물급원을 변화시켰을때는 우지와 설탕을 섭취한 군이 20g으로 가장 무거웠고 옥수수전분에 어유를 섭취한군이 14.7g으로 가장 적은 무게가 나갔다. 그리고 지방급원보다는 탄수화물급원의 영향을 크게 받아 설탕군이 옥수수전분군에 비해 유의적으로 무거웠다.

(3) 지방축적과 관련있는 효소활성

체내 지방축적을 설명하기 위해 간과 부고환지방에서 지방산화와 축적에 작용하는 효소들의 활성을 측정하였다. Glucose-6-phosphate dehydrogenase(G6PDH)와 malic enzyme은 지방산합성을 조절하여 혈액내 지방수준을 조절하는데 중요한 역할을 하는 효소이다.

들기름과 참기름 , 우지에 어유를 첨가하였을 때 간의 peroxisome에서 G6PDH활성이 감소하였는데 특히 우지에서의 감소폭이 가장 컸다. 반면에 간의 peroxisome에서의 지방산산화는 들기름이나 참기름에 비해 우지군에서 낮았으며 어유섭취시에는 모든 실험군에서 지방산화율이 증가하였다.

그리고 우지에 들기름과 어유를 각각 첨가하였을 때 간의 microsome에서의 중성지방을 합성하는 효소인 acyl-CoA:DG acyltransferase와 phosphatidate phosphohydrolase활성은 모두 유의적으로 감소하였으며 어유 효과가 더 컸다. 그리고 β-산화는 반대로 어유나 들기름을 첨가할수록 증가하였으며 어유의 효과가 더 컸다.

탄수화물과 지방급원을 달리하였을때는 우지와 설탕을 섭취한 군이 G6PDH의 활성이 높고 β-산화는 낮았으며 어유에 전분을 섭취한 군은 반대의 효과가 있었으며 탄수화물과 지방급원에 따라 모두 유의적인 차이가 나타났다.

그러므로 우지에 어유와 들기름 등을 첨가하거나 탄수화물급원으로는 설탕보다는 전분을 섭취하였을 때 간에서의 지방합성효소는 증가하고 β-산화는 감소하는 경향이였다. 이것은 다불포화지방산은 G6PDH와 malic acid의 활성을 낮추며, 탄소수가 18인 지방산보다는 20개이상의 긴 지방산이 더욱 큰 효과가 있다고하는 연구들과도 일치한다. 또한 간에서의 β-산화는 mitochondria와 peroxisome에서 모두 일어나지만 사슬이 긴 어유섭취시에는 peroxisome 에서의 산화가 더 증가한다는 다른 연구의 결과와도 일치한다.

지방축적효과를 종합해보면 어유, 참기름,들기름,미강유, 돼지기름, 우지순으로 부고환지방이 무거워서 지방축적이 많았음을 알수 있었으며 우지, 참기름, 들기름에 어유를 첨가하였을때나 우지에 들기름을 첨가시키면 부고환지방조직무게가 감소하였다. 또한 탄수화물급원에 따라서도 영향을 받아 설탕섭취시 옥수수전분을 섭취하였을때보다 무게가 많았다. 그리고 이러한 경향은 간에서의 지방합성과 지방산산화에 관련한 효소의 활성과 일치하였다.

3. 혈액내의 지방성분

(1) 지방급원에 따른 지방성분

일반적으로 포화지방산식이는 콜레스테롤을 비롯한 혈장내 지방량을 증가시키지만 다불포화지방산식이는 혈장과 지단백내 콜레스테롤과 중성지방을 감소시킨다고 알려져있다. 그리고 n-3지방산은 n-6지방산에 비해 혈액 중성지방을 감소시키며 n-3지방산 중에서는 사슬의 길이가 길수록 효과가 크다고 보고되고 있다. 이러한 연구적 배경을 가지고 있으나 우리나라에서 사용되는 지방을 이용한 실험을 많이되어 있지 않기 때문에 본 실험실에서는 참기름, 들기름, 미강유를 중심으로 여러 실험조건에서 실험을 행하였다.

돼지기름은 어유나 들기름에 비해 유의적으로 혈액내 총지방과 콜레스테롤과 중성지방이 높았다. 포화지방산으로 우지를 사용하였을때도 들기름과 참기름보다 높은 혈장내 성분을 나타내었고 특히 들기름은 참기름보다 혈장내 지방성분을 더욱 감소시키는 효과가 있었다. 그런데 식물성기름만을 비교한 실험에서는 미강유가 혈장내 지방성분이 높은 특징이 나타났다.

그리고 우지, 참기름, 들기름에 일정량의 어유를 첨가하면 각각의 지방만을 섭취하였을 때에 비해 혈장내 지방성분이 감소하였으며 우지에 첨가한 n-3지방산을 급원별로 살펴보면 우지에 어유와 들기름을 첨가시키면 첨가수준이 증가할수록 어유가 들기름보다 큰 혈액지방감소효과를 나타내었다.

또한 콩기름, 들기름, 참기름,우지등 여러 지방을 적당량 혼합하여 P/S 비율과 n-6/n-3비율을 변화시켰을때는 LA/LNA 비율이 감소할수록 총지방량과 중성지방은 유의적으로 감소하였고, P/S 비율이 증가할수록 n-6/n-3비율이 감소할수록 혈액내 지방성분이 감소하는 경향이였다.

혈액내 지방성분을 지단백에 따라 구분해서 보면 우지와 참기름, 들기름에 어유를 첨가한 경우나 우지에 어유와 들기름을 수준을 달리하여 첨가하였을 때 LDL-콜레스테롤이 유의적으로 감소하였다 즉, n-3지방산섭취시, 들기름보다는 어유가 혈액내 LDL-콜레스테롤을 감소시키는 효과가 있었다. 그리고 식이지방의 P/S비율은 LDL-콜레스테롤에 영향을 주어 유의적으로 감소시켰으나 HDL-콜레스테롤이나 VLDL-중성지방에는 차이가 나타나지 않았다.

(2) 탄수화물과 지방급원에 따른 지방성분

우리나라에서 요즘 가공식품의 섭취가 증가하면서 설탕을 비롯한 단순당의 섭취가 증가하고 있는 실정이다. 고지혈증을 유발한 흰쥐에게 단순당인 설탕과 옥수수전분을 우지와 우지에 어유와 들기름을 첨가시킨 지방을 주었을 때 총지방과 중성지방에서 설탕섭취군이 유의적으로 높았으며 우지에 n-3지방산을 첨가시켰을 때 감소하는 경향을 나타내었으나 유의적이지는 않았다. 그리고 쌀과 밀가루를 여러지방과 조합하여 섭취시켰을때는 총지방량은 옥수수유와 밀가루를 섭취하였을때가 높았고 콩기름에 쌀을 섭취하였을때가 낮은 유의적인 차이를 보였다. 중성지방도 같은 경향을 나타내었으나 콜레스테롤은 일정한 경향이 나타나지 않았다.

(3) Lipoprotein lipase 활성

혈액내 지방을 감소시키는 작용을 하는 lipoprotein lipase(LPL)의 활성을 부고환지방에서 측정하였다. 다은 연구들에서 어유 섭취시 흰쥐에서 효소활성이 변화하지 않았다고 하는 보고와 n-3지방산의 섭취가 증가할수록 증가하였다는 보고가 상반되고 있는데 본 실험실에서도 실험에 따라 다른 결과가 나타나서 더 많은 연구가 필요하다.

즉, 우지에 들기름과 어유를 첨가하였을 때 어유첨가군은 첨가수준이 증가할수록 효소활성이 증가하였고 이는 혈액내 지방수준이 감소한 것과 일치하였다. 그러나 설탕과 옥수수전분에 어유를 섭취하였을때는 활성이 떨어졌다. 그런데 들기름의 경우는 두 실험에서 모두 우지섭취군과 큰 차이가 나타나지 않아 들기름과 어유의 LPL에 대한 영향은 다른 것으로 생각되며 더 많은 연구가 필요하다.

(4) 간에서의 Triglyceride 분비율

어유와 들기름의 첨가비율이 증가할수록 간에서 혈액으로의 중성지방 분비가 감소하였다. 이는 혈액내 중성지방과 VLDL내 중성지방량이 낮은 것과 같은 경향을 나타내었다. n-3지방산의 섭취증가에 의해 중성지방분비율이 감소하는 것은 간에서의 중성지방합성이 감소하였기 때문이라고 보고하고 있으나 중성지방합성 효소활성과는 다른 결과를 보이므로 어유섭취시 중성지방분비율은 간에서의 합성 감소만으로는 설명되지 않는 것 같다.

4. 혈전혈성

심장,순환계질환의 발병은 혈전혈성과도 관계가 있으므로 식이지방과 항혈전 효과를 알아보았다.

(1) 혈액응고 시간

식물성유를 비교하여 본 실험에서는 참기름섭취군이 들기름이나 미강유섭취군에 비해 출혈시간이 유의적으로 짧았으나 전혈응고시간에는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 우지와 참기름, 들기름에 어유를 첨가하였을 때는 출혈시간과 전혈응고시간이 증가하였으며, 들기름을 이용하여 식이지방의 LA/LNA비율을 변화시켰을 때도 비율이 감소할수록 출혈시간이 증가하였다. 그리고 혈액응고기전 중 외인성인자경로의 기능을 알 수 있는 prothrombin time과 내인성인자경로 기능을 알 수 있는 activated partial thromboplastin time은 우지에 들기름이나 어유를 첨가하였을 때 첨가수준이 증가할수록 증가하였다.

(2) 혈장과 대동맥의 eicosanoid 함량

혈전형성과 관련된 혈소판 응집은 혈소판에서 생산되는 tromboxanbe A_2(TXA_2)와 혈관벽에서 생성되는 prostaglandin I_2(PGI_2)와의 균형에 의해 조절된다. TXA_2 는 혈소판응집과 혈관수축작용을하는 반면에 PGI_2는 항응집작용과 혈관 확장작용을 한다. 식이지방산의 변화는 혈소판과 혈관벽의 인지방내 지방산조성을 변화시킴으로 특정 지방산으로 부터 만들어지는 TXA_2 와 PGI_2의 생성에 영향을 주므로 혈전 형성에 변화를 초래하게 된다. 실험방법상 TXA_2 는 TXB_2으로 PGI_2는 6-keto PG $F_{1\alpha}$로 측정하였다.

TXA_2는 malondialdehyde로 전환되는데 식이지방의 LA/LNA비율이 감소할수록 malondialdehyde생산량이 감소하였고, 우지에 들기름과 어유첨가가 증가할수록 TXB_2 과 6-keto PG $F_{1\alpha}$생성이 모두 감소하였다. Thrombosis index라고 할 수 있는 TXB_2/6-keto PG $F_{1\alpha}$ 비는 어유와 들기름의 첨가비율이 증가할수록 감소하였는데 들기름군에서 더 낮았다. 어유내 DHA같은 긴사슬의 n-3지방산이 들기름에 있는 linolenic acid 보다 eicosanoid 생산을 감소시키는데 더욱 효과적이라고 알려져 있으나 위의 실험에서는 들기름군에서 더 많은 감소를 하였다. 지방산이 세포막의 인지질에 영입하여 eicosanoid합성을 변화시키는데는 조직에 따라 효과가 다르다는 보고가 있으므로 부위에 따른 차이라고도 생각하지만 들기름의 효과가 어유와 비슷한 효과를 줄수 있다는 의미있는 결과라고 보아진다.

그리고 지방산 TXB_2/6-keto PG $F_{1\alpha}$비는 식이지방의 n-6/n-3비율이 증가할수록 증가하였는데 P/S 비율이 낮을수록 낮았다. 이는 eicosanoid의 생산은 전구체가 되는 지방산의 절대량이 많을수록 합성량이 많아지기 때문이라고 생각된다.

5. 지질과산화

불포화지방산은 지방산의 이중결합에 의해 free radical과 peroxide 등의 과산화물을 많이 생산하여 세포에 손상을 주므로 불포화지방산을 과량으로 섭취하였을때는 혈액내 지방성분을 낮추기는 하지만 안전상에는 문제가 된다고 보고하고 있다. 더욱이 n-3지방산은 cis형의 불안정한 이중결합을 가지고 있으므로 더 많은 과산화물을 형성하며 어유에 들어있는 탄소길이가 길수록 더 많이 생성된다고 한다.

(1) Thiobarbituric acid 함량

Thiobarbituric acid와 반응하는 물질(TBARS)의 함량을 측정하므로 지질과산화물을 알아보았다. 우지와 참기름, 들기름사이에 간이나 혈장에서의 과산화물생성에 차이가 없었고, 어유를 첨가하였을때는 모든 지방에서 약간 증가하는 경향이였으나 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 우지에 어유와 들기름을 첨가하면 어유를 첨가한군에서는 첨가수준이 증가할수록 과산화물생성이 증가하였으나 들기름첨가은 우지섭취군과 차이가 나타나지 않아서 n-3지방산이라도 들기름이 어유에 비해 과산화물생성 위험이 적은 것으로 나타났다(표 5).

표5. 혈장과 간에서의 TBARs생성

Group	Plasma (umoles/dl)	Liver (umoles/g)	Dietary fat level	Feeding period(ref)
BT(100)	16.74±16.81	3.02±0.16		
BT(60)+FO(40)	16.81±1.11	3.18±0.20		
SeO(100)	14.47±3.92	3.46±0.50	10%	12weeks
SeO(60)+FO(40)	23.64±6.73	3.21±0.32	(W/W)	(8)
PeO(100)	16.81±3.87	2.65±0.15		
PeO (60)+FO(40)	17.84±4.48	3.21±0.31		
BT(100)	1.58±0.12	5.84±0.37		
BT(90)+FO(10)	1.52±0.08	5.72±0.14		
BT(60)+FO(40)	1.79±0.09	5.35±0.15		
BT(30)+FO(70)	1.95±0.10	6.38±0.55	10% (W/W)	12weeks (9)
BT(90)+PeO(10)	1.27±0.05	5.13±0.23		
BT(60)+PeO(40)	1.24±0.06	5.45±0.40		
BT(30)+PeO(70)	1.21±0.05	5.19±0.29		

(2) 항산화효소 활성

항산화효소들은 free radical로 부터 세포손상을 방어하는 기전이다. superoxide dismutase(SOD), catalase(CAT), Glutathione peroxisase(GSHPx)는 과산화과정의 시작물질이나 여러 peroxide들을 제거함으로써 지질과산화로 부터 세포를 보호한다.

간내 CAT과 SOD활성은 식이지방종류에 따른 차이는 없었고 어유를 첨가하면 CAT 활성은 모든 식이지방군에서 유의적으로 증가하였으나 SOD는 감소하였고 GSHPx함량에는 차이가 없었다. 어유첨가시 CAT가 증가한 것이 어유 섭취로 인한 과산화물생성증가를 감소시켜 준 것이 아닌가 생각된다. 그리고 우지에 들기름과 어유를 첨가시켰을때도 CAT는 어유섭취시에 유의적으로 증가하였다. SOD나 GSHPx활성식이지방에 따른 차이가 없었다(표 6).

표 6. 간에서 항산화효소의 활성

Group	Catalase (nmoles/min/mg prot.)	Superoxid dismutase (unit/min/mg prot.)	Glutathione peroxidase (nmolesNADPH/min/mg prot.)
BT(100)	659.1±35.4	32.3±1.00	605.1±48.4
BT(60)+FO(40)	926.1±57.1	28.4±1.25	548.5±48.9
SeO(100)	710.5±54.1	30.0±0.85	591.5±77.2
SeO(60)+FO(40)	971.9±45.3	30.2±0.98	618.6±42.9
PeO(100)	710.5±48.4	34.1±2.96	605.1±56.0
PeO (60)+FO(40)	890.6±51.1	29.8±1.34	597.7±56.0
BT(100)	658.8±87.7	76.6±2.7	674.5±47.0
BT(90)+FO(10)	1051.0±75.9	68.5±1.7	636.8±22.0
BT(60)+FO(40)	1166.8±41.4	77.5±2.8	719.3±18.8
BT(30)+FO(70)	1309.0±81.9	76.8±3.0	655.4±21.6
BT(90)+PeO(10)	771.1±30.8	74.4±2.66	661.9±29.9
BT(60)+PeO(40)	777.5±80.7	78.2±3.5	759.8±53.5
BT(30)+PeO(70)	830.9±44.8	80.9±3.3	726.5±34.5

ref 8, 12)

6. 면역능력

식이지방은 에너지원이나 혈액내 지방성분에 대한 영향이 강조되고 있으나 세포막의 구성성분으로 여러 eicosanoid의 전구체로 사용되며, 세포막의 안전성과 유동성에 영향을 주고, 특정단백질과 결합하여 그 단백질과 결합하여 기능을 도와주거나 secondary messenger로서 작용하는등 지방의 새로운 역할이 인식되면서 이러한 생리적 기능이 면역능력을 조절하는 것으로 보고하고 있다.

체내 면역기관의 무게는 돼지기름섭취군이 들기름이나 어유섭취군보다 무거웠고, 우지를 사용하였을때도 들기름이나 참기름섭취시보다 무거웠다.

P/S 비율이 증가할수록 ConA에 대한 증식능력이 감소하는 유의적인 차이가 나타났으나 우지나 돼지기름을 섭취할때보다 들기름이나 참기름을 섭취할 때 ConA에 대한 증식능력이 증가하는 결과가 나타났다. 그러나 어유 섭취시에는 낮은 면역능력을 나타냈는데 이는 어유섭취시 면역기관의 무게가 적었던 것과 관련이 있는 것으로 보인다(표 7).

표 7. Con A에 대한 비장세포의 증식능력

(Stimulation index/2.5x10^5 spleen cell)

Group	Con A	Dietary fat level	Feeding period(ref)
Lard	42.65±4.93		
Perilla oil	86.23±29.28	15%(W/W)	4weeks(2)
Fish oil	26.20±4.59		
Beef tallow	68.49±15.97		
Perilla oil	105.36±19.45	15%(W/W)	12weeks(3)
Sesame oil	88.64±22.95		
P/S : n-6/n-3			
0.5 : 2	16.95±1.29		
0.5 : 4	15.62±1.29		
0.5 : 8	12.30±1.82		
1 : 2	6.96±2.11	10%(W/W)	12months(6)
1 : 4	7.18±1.42		
1 : 8	13.33±4.60		
2 : 2	9.89±5.65		
2 : 4	4.87±2.03		
2 : 8	4.57±1.29		

불포화지방산 섭취는 특히 어유의 섭취는 면역기관의 무게를 감소시켰으며 ConA 에 대한 증식능력을 감소시켰다. 그리고 식이지방에 따른 immunoglobulin 양이나 NK cell활성에는 영향을 주지 않았다.

7. 탄수화물대사

포화지방산의 섭취는 포도당의 내성을 변화시키며 포도당의 인산화에 영향을 미쳐 지방과 탄수화물대사는 서로 영향을 준다.

혈당은 설탕섭취군이 유의적으로 높았는데 지방급원에 따른 영향은 받지 않았다. 그러나 간에서의 glucokinase의 활성은 지방과 탄수화물급원에 모두 영향을 받아 옥수수전분섭취군이 높았으며 어유나 들기름을 첨가할 때 활성이 높았으므로 포도당의 인산화는 탄수화물뿐 아니라 지방에 의해서도 영향을 받는 것을 알 수 있다. 그러나 hexokinase는 식이에 따른 영향이 없었다(표 8).

표 8. 탄수화물과 지방급원에 따른 당대사

	CHO / Dietary fat	Sugar	Corn starch	Dietary fat level	Feeding period(ref)
Glucose (mg/dl plasam)	BT(100)	160.5±6.4	146.5±10.7	10% (W/W)	8weeks (10)
	BT(60)+FO(40)	165.6±7.3	153.8±4.5		
	BT(60)+PeO(40)	181.1±9.6	161.2±9.1		
Glucokinase (nmoles/NADPH /min/mg prot.)	BT(100)	15.7±0.94	23.7±1.33		
	BT(60)+FO(40)	14.3±1.26	19.2±1.41		
	BT(60)+PeO(40)	14.2±1.71	18.6±1.57		
Hexokinase (nmoles/NADPH /min/mg prot.)	BT(100)	9.4±0.46	9.0±0.65		
	BT(60)+FO(40)	8.1±0.41	8.0±0.29		
	BT(60)+PeO(40)	8.5±0.81	8.2±0.46		

그리고 쌀과 밀가루를 섭취하였을때는 옥수수유와 밀가루를 섭취하였을 때 높았으며 유의적인 차이는 아니지만 쌀보다는 밀가루 섭취시 높은 경향이였다. 그리고 포도당 인산화효소의 활성은 옥수수유보다는 콩기름이나 참기름유에서 높았으며 쌀섭취군이 밀가루군보다 높은 경향이였다.

8. 세포막이 유동성 및 두뇌기능

식이지방은 인지방의 구성성분으로 세포막에서 막에 관련된 효소활성, 세포내외로의 물질이동, 수용체기능에 역할을 한다. 이러한 세포기능유지에 중요한 것은 기본적으로 막의 유동성을 유지시키는 것이다.

(1) 적혈구막에서의 Ca 이동

막의 유동성은 Mg^{2+} ATP-dependent Ca transport system에 영향을 미치므로 적혈구내의 Ca양을 측정함으로 세포막의 유동성을 측정할 수 있다. 들깨유군이 다른군에 비해 적혈구 Ca함량이 적었으며 이것으로 인해 trapped Ca양이 가장 낮았다. n-3지방산 섭취시 적혈구 막이 유동성이 증가한다는 보고가 있는데 들기름의 경우 linolenic acid에 의해 유동성이 증가하여 trapped Ca양이 적은 것으로 생각된다.

(2) 두뇌무게

식이내 linolenic acid이 함량이 무거울수록 두뇌이 무게가 무거웠고, 식이내 n-3/n-6비가 높을 때 PC/PE비가 저하됨으로써 세포막의 유동성이 감소하여 acethycholinesterase의 활성에 변화를 가져왔다.

참고문헌

1. 유춘희, 미강과 야채 첨가 식이가 흰쥐의 대사에 미치는 영향, 박사학위논문 1977.
2. 이종미, 한국인 사용 식이 지방이 흰쥐지방대면역능력에 미치는영향, 박사학위논문, 1986.
3. 김우경, 한국에서 상용되는 식용유지류로 사육한 흰쥐의 체내 지방대사 및 면

역능력에 대한 연구, 석사학위 논문, 1989.
4. 정혜림, 참깨유와 들깨유를 급원으로 w-3와 w-6 지방산 비율을 달리한 식이가 흰쥐 혈청지질함량과 혈소판 기능에 미치는 영향, 석사학위 논문, 1992.
5. 홍미영, 급원이 다른 식이 지방이 흰쥐의 지방대사와 혈소판및 적혈구성상에 미치는 영향, 석사학위 논문, 1993.
6. 김우경, P/S 비율과 n-6/n-3 비율을 달리한 식이지방이 흰쥐의 연령에 따른 지방 대사와 면역 능력에 미치는 영향 연구, 박사학위논문, 1994
7. 윤군애, 식이 Linolenic Acid와 Linoleic Acid 함량 변화가 흰쥐의 연령에 따른 항 혈전 효과 및 뇌 세포막 기능에 미치는 영향, 박사학위논문, 1994.
8. 이경애, n-3 지방산이 첨가된 식이가 혈전 형성및 지질 과산화에 미치는 영향, 박사학위 논문, 1994.
9. 정혜림, 참치유와 들깨유 첨가 식이가 흰쥐의 지방대사와 혈전 형성에 미치는 영향, 박사학위논문, 1995.
10. 하승희, 탄수화물과 지방급원이 다른 식이가 흰쥐의 당대사와 지방 대사에 미치는 영향, 석사학위논문, 1995.
11. 김숙희, 고도 불포화 지방이 생체에 미치는 영향(1), 한화종합연구소 연구보고서, 1996.
12. 김숙희, 고도 불포화 지방이 생체에 미치는 영향(2), 한화종합연구소 연구보고서, 1996.