

유채유 함유사료가 쥐의 혈청 및 간의 지질조성에 미치는 영향

서은숙 · 김인숙 · 임일순 · 권태봉*

원광대학교 가정대학 식품영양학과, *한림전문대학 식품영양과

Effects of Rapeseed Oil Diet on Serum and Liver Lipid Levels in Rats

Eun-Sook Seo, In-Sook Kim, Ill-Soon Im, Tae-Bong Kwon*

Department of Food and Nutrition, Wonkwang University

*Department of Food and Nutrition, Hallym Junior College

Abstract

The fatty acid composition of a rapeseed oil being on the market was analyzed and the effect on gain of the body weight and lipid levels in serum and liver tissue of male rats of Sprague-Dawley strain fed the diet containing the rapeseed oil were studied. The fatty acid components of marketed rapeseed oil was oleic acid 29.4%, erucic acid 26.52%, linoleic acid 20.39% and linolenic acid 8.68%. The contents of total lipid in serum was significantly higher in RSO₂₀ group than control group ($p < 0.01$). But that in the liver tissue did not show significant differences. The contents of triglyceride in serum was control group 84.14mg/dl, RSO₁₅ group 100.33mg/dl and RSO₂₀ group 122.00mg/dl and showed significant difference between each group, but that in the liver tissue did not show significant differences. The contents of phospholipid in serum did not show significant differences. But that in the liver tissue showed significant difference between the control group 8.42mg/g and RSO₂₀ group 7.34mg/g ($p < 0.001$). The contents of total-cholesterol and free-cholesterol in serum and liver tissue of the RSO₂₀ group showed the highest levels compared with control group, but there did not show significant differences. The contents of ester-cholesterol in serum showed significant difference between the control group 52.29mg/dl and RSO₅ group 46.86mg/dl ($p < 0.05$). But that in the liver tissue did not show significant difference. The contents of HDL-cholesterol and LDL-cholesterol in serum did not show significant difference. A bit of fat deposit was observed only in liver tissue of RSO₂₀ group.

Key words : rapeseed oil, triglyceride, phospholipid, cholesterol

서론

최근 국민소득의 향상에 따른 식생활 개선 및 식품 관련 산업의 급속한 발전으로 인하여 유지의 소비가 증가하고 있으나 1987년도 식물성 유지의 자급율은 9.9%에 지나지 않아서 유지 및 유지원료의 도입에 막대한 외화를 소비하고 있다¹⁻⁴⁾. 이에 따라 정부에서는 식물성 유지의 수요 충당을 위하여 유채를 특용작물로 지정하고 유채 재배를 적극 장려하고 있다.

유채는 십자화과에 속하는 겨우살이 작물로서 농한기의 유희농지와 노동력을 효과적으로 이용할 수 있는 토양 및 기후에 대한 적응성이 커서 현대에서 열대에 걸쳐 널리 재배되고 있어 현재 세계 5위의 유지 작물로 꼽히고 있다⁵⁾.

유채종자에는 약 40%의 지방과 약 30%의 단백질이 함유되어 있어서 유지나 그 원료의 수입 의존도를 경감시킬 수 있는 자급품목으로 크게 주목되고 있다.

그러나 유채유는 erucic acid가 다량 함유되어 있기 때문에 갑상선부종, 성장저해 등을 일으킨다는 것이 동물실험에서 밝혀졌다⁶⁻⁹⁾.

유채에 대한 연구는 1950년대 초 캐나다에서부터 육종학적 품종개발 연구가 시작되었고 우리나라에서는 1970년대 후반부터 유채에 대한 연구¹⁰⁾가 시작되어 유채의 지방산 조성 개량^{11~18)}, 유채박의 단백질 영양가^{19~21)}, 발아유채의 일반성분 및 지방산과 무기물의 조성변화^{22~24)}, 한국산 유채유의 지방산 성분^{25~27)} 등이 보고된 바 있다. 또한 동물실험을 통한 유채박의 물리적 처리에 따라 동물의 성장에 미치는 영향^{28~29)} 과 유채함유 사료의 불포화지방산이 체내 비타민이나 뇌지질에 미치는 영향^{30~31)} 등이 보고되었다. 지금까지 참깨유, 들깨유, 옥수수유, 면실유, 팥유 등이 사람과 동물의 혈청지질에 미치는 영향^{32~34)} 대해서 많은 연구가 있었는데 유채유의 영향에 대해서는 별로 보고된 것이 없다.

따라서 본 연구에서는 우리나라에서 재배하여 시판되는 유채유의 지방산 조성을 정량하고 유채유의 함량을 달리한 사료로 쥐를 사육하여 그들의 체중변화와 식이효율, 각종 장기의 중량, 혈청과 간조직의 지질조성 및 간조직 검사를 분석 검토하였다.

재료 및 방법

1. 실험동물 및 실험식이

체중이 150 ± 20 g인 Sprague-Dawley 종 수컷 쥐 35마리를 체중에 따라 난괴법(randomized block design)에 의해 군당 7마리씩 5군으로 나누어 시판 고형 사료로 7일간 예비 사육한 뒤 실험食이를 투여하였다. 식이는 시판 흰쥐사료를 분말화한 후 각 군별로 0, 5, 10, 15, 20g의 유채유(동방유량 주식회사 제품)를 첨가하여 조제한 후 유채유 함량별로 각 군을 42일동안 사육하였으며 식이구성은 Table 1과 같다. 실험기간 중 사료와 물은 자유로이 섭취시켰고 사육실의 온도는 $24 \pm 3^\circ\text{C}$, 습도는 60~70%로 유지시키며 12시간 간격으로 점등(07:00~19:00)과 소등을 반복하였으며 식이 섭취량과 체중은 3일 간격으로 측정하였다.

2. 시료준비

42일간 사육된 흰쥐를 시료 채취전에 12시간 절식시킨 다음 sodium pentobarbital (Pitman-Moore 회사 제품)을 체중 1kg당 50mg씩 근육내에 주사하여

Table 1. Composition of experimental diets (100g)

Ingredient	Control	RSO ₅ ^{a)}	RSO ₁₀	RSO ₁₅	RSO ₂₀
Rapeseed oil	0.00	5.00	10.00	15.00	20.00
Crude protein	28.18	26.77	25.36	23.95	22.54
Crude fat	6.21	5.90	5.59	5.28	4.97
Crude fiber	2.49	2.37	2.24	2.12	1.99
Crude starch	39.59	37.61	35.63	33.65	31.61
Salt mixture	10.61	11.17	9.55	9.02	8.49
Vitamin mixture	0.50	0.48	0.45	0.43	0.40
Moisture	12.32	11.70	11.09	10.47	9.86

a) RSO(Rapeseed oil) number : Quantity of rapeseed oil

b) Amino acid(g): glycine 1.34, alanine 1.49, methionine 1.47, threonine 1.06, serine 1.31, phenylalanine 1.34, lysine 1.78, valine 1.48, tyrosine 0.79, arginine 2.26, leucine 2.35, histidine 1.21, aspartic acid 3.19, isoleucine 1.12, cysteine 0.38, glutamic acid 5.16.

c) Salt mixture(g): calcium carbonate 1.33, dipotassium phosphate 1.05, magnesium sulfate 2.76, ferric citrate 6H₂O 0.13, sodium chloride 4.54, potassium iodide 0.22, manganous sulfate H₂O 0.13, zinc chloride 0.01, copper sulfate 0.01

d) Vitamin mixture : V.A 0.1(850 I.U)mg, V.D 0.01(850 I.U)mg, V.E 0.1g, V.K 0.1g, choline chloride 0.2g, thiamine hydrochloride 11mg, riboflavin 20mg, nicotinic acid 22mg, pyridoxine 20 mg, calcium pantothenate 10mg, biotin 0.4mg, folic acid 0.4mg, inositol 0.05mg, para-amino benzoic acid 10mg, V. B₁₂ 6mg.

마취시키고 개복하여 ethylene-oxide gas (E. O. Gas)로 멸균처리된 1회용 주사기 (10ml)를 이용하여 심장에서 혈액을 채취한 다음 3,000rpm 으로 15분간 원심분리하여 분리된 혈청을 검액으로 사용하였다. 즉시 간과 심장, 비장, 신장, 고환 및 갑상선을 적출하여 생리식염수로 세척하고 여과지로 수분을 제거한 다음 각각의 중량을 측정하였다. 적출한 간의 약 2g은 mortar and pestle를 이용하여 5분간 분쇄한 다음 그중 1g을 취하여 생리식염수 2ml를 첨가하여 vortex mixer로 2분간 혼합하고 3,000rpm으로 10분간 원심분리한 후 상정액을 검액으로 사용하였다.

3. 생화학적 분석

1) 유채유 지방산 분석

AOCS³⁵⁾ 방법에 따라 50m/플라스크에 시료유 300 mg을 취하고 0.5N NaOH-methylalcohol 용액 7.5m/와 benzene 3m/을 넣은 후 120~130°C 유욕조 중에서 약 1시간 동안 감화시켰다. 이어서 12% BF₃·methyl alcohol 용액 7.5m/을 넣고 다시 유욕조 (120~130°C) 중에서 약 1시간동안 가열하여 지방산을 methyl ester화시킨 후에 gas liquid chromatography(Perkin-Elmer, Sigma 3B, U.S.A.)에서 분석하였다. 이때 6 feet × 1/4" × 2mm glass column(Packed with 10% DEGS on 100/120 Chromosorb W/AW)을 사용하였으며 조건은 column temp. 170°C, injection temp. 240°C, detection temp. (FID) 250°C, nitrogen flow rate 30ml/min 로하여 240°C 까지 2°C/min씩 상승하도록 program하였고 이때 지방산 표준시약으로는 지방산 methyl ester (Supelco제품, PM-14-7020, U.S.A.)을 사용하여 retention time을 확인한 후 총 지방산량의 백분율로 표시하였다.

2) 혈청과 간조직의 지질 함량 측정

혈청과 간조직의 triglyceride(TG), phospholipid(PL), total-cholesterol(T-Chol) 및 free-cholesterol(F-Chol) 함량은 임상검사용 kit (Iatron제품, Japan)을 사용하여 효소법^{30, 36~39)}으로 측정하였다. 즉 검액은 TG, PL, T-Chol 측정용으로 각각 0.02m/, F-Chol 측정용으로 0.01m/를 duplicate로 취하여 각 효소시액 3.0m/를 각각 가하고 잘 혼합하여 37°C 항온수조 중에서 TG와 T-Chol용 검액은 10분간, PL검액은 20분간 그리고 F-Chol용 검액은 15분간 방치한 후 Spectrophotometer(Gilford, Stasar III, U.S.A.)를 이용하여 TG는 550nm, PL, T-Chol, F-Chol은 500nm에서 흡광도를 측정하여 다음과 같이 산출하였다.

TG, PL, T-Chol 함량 (mg /dl)*

$$= \frac{\text{검액의 흡광도}}{\text{표준액의 흡광도}} \times 300$$

F-Chol함량 (mg /dl)*

$$= \frac{\text{검액의 흡광도}}{\text{표준액의 흡광도}} \times 100$$

* 간조직의 경우 : mg /g

3) 혈청의 High density lipoprotein cholesterol (HDL-Chol)과 Low density lipoprotein cholesterol (LDL-Chol) 함량

HDL-Chol함량은 임상검사용 kit (Iatron제품, Japan)를 사용하여 효소법^{30, 36~39)}으로 측정하였다. 즉 검액 0.2m/에 침전시액 0.2m/을 가하여 잘 혼합하고 실온에서 5분간 방치한 후 3,000rpm으로 원심분리하였다. 상정액 0.1m/를 취하여 효소시액 3.0m/를 가한 다음 37°C 항온수조 중에서 5분간 방치한 후 580nm에서 흡광도를 측정하였으며 HDL-Chol과 LDL-Chol 함량은 다음과 같이 산출하였다.

HDL-Cholesterol 함량 (mg /dl)

$$= \frac{\text{검액의 흡광도}}{\text{표준액의 흡광도}} \times 100$$

LDL-Cholesterol 함량 (mg /dl)

$$= \text{T-Chol 함량} - \text{HDL-Chol 함량}^{40)}$$

4) 혈청과 간조직의 total Lipid 및 ester-cholesterol의 함량

TL함량과 E-Chol함량은 다음과 같이 산출하였다.

$$\begin{aligned} \text{TL함량(mg /dl)*} &= 0.73(1.69)\text{T-Chol 함량} \\ &+ 0.27 \text{T-C 함량**} + \text{TG함량} + \text{PL 함량}^{41)} \\ &= (1.5037) \text{T-Chol 함량} + \text{TG함량} + \text{PL 함량} \\ \text{E-Chol 함량(mg /dl)*} &= \text{T-Chol 함량} \\ &- \text{F-Chol 함량}^{32)} \end{aligned}$$

* 간조직의 경우 : (mg /g)

** 혈청내 T-Chol 조성은 E-Chol이 약 73%, F-Chol은 약 27%이며 E-Chol의 분자량은 F-Chol의 1.69배

5) 간의 조직학적 관찰

검액 조제에 사용하고 남은 간조직을 10% neutral formalin-용액으로 48시간 고정한 후 알코올 농도를 점차 올려가면서 탈수하여 투명하게 한 다음 파라핀(M. P. 56~58℃)으로 포매하여 rotary microtome(American Optical, No. 820, U.S.A.)으로 5 μ m 두께의 절편을 만들고 xylene으로 파라핀을 제거한 후 Hematoxylin-Eosin (Sigma, U.S.A)으로 염색하여 광학현미경(Olympus, BH-2, Japan)으로 관찰하였다.

6) 통계처리

모든 실험결과는 SPSS통계법을 사용하여 평균과 표준편차를 구하였으며 대조군과 유채유 섭취군간의 유의성 검증은 $p < 0.05$ 수준에서 Student's t-test를 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 유채유의 지방산 조성

본 실험에 사용한 유지의 지방산 조성을 정량한 결과 Table 2와 같다.

시판되는 유채유의 지방산 조성은 평균적으로 보아 oleic acid($C_{18:1}$)가 29.43%로 가장 많았고 erucic acid ($C_{22:1}$)는 26.52%, linoleic acid ($C_{18:2}$)는 20.39%, linolenic acid ($C_{18:3}$)는 8.68%로 나타났다.

2. 지방 섭취량이 체중과 각종 장기 중량에 미치는 영향

Table 2. Fatty acid composition of rapeseed oil (%)

Fatty acid	Common name	%
$C_{14:0}$	Myristic acid	0.01
$C_{16:0}$	Palmitic acid	4.26
$C_{16:1}$ n-7	Palmitoleic acid	0.26
$C_{18:0}$	Stearic acid	1.84
$C_{18:1}$ n-9	Oleic acid	29.43
$C_{18:2}$ n-6	Linoleic acid	20.39
$C_{18:3}$ n-3	Linolenic acid	8.68
$C_{20:1}$ n-9	Gadoleic acid	7.34
$C_{22:1}$ n-9	Erucic acid	26.52
unknown		1.27
Total		100.00
P / M / S ¹⁾		4.76 / 10.40 / 1.00

1) Polyunsaturated / monounsaturated / saturated fatty acid ratio

사육에 따른 실험동물의 총 체중변화와 식이 섭취량 및 식이 효율은 Table 3과 같다.

42일간의 평균 체중 증가량은 대조군이 138.10g인데 비하여 RSO₅군은 130.58g, RSO₁₀군은 132.00g, RSO₁₅군은 135.34g, RSO₂₀군에서는 127.07g으로 4%, 4.4%, 2.0%, 8.1%씩 각각 감소하였는데 RSO₅군, RSO₁₀군 및 RSO₁₅군에서는 다른 군의 경우와는 반대로 지방함량이 컸음에도 불구하고 체중은 오히려 현저히 감소되는 현상을 보였는데, 이는 유지 함량이

Table 3. Effect of experimental diet on body weight gain and food efficiency ratio

Group	Body weight (g)			Food intake(g)	FER ^{a)}
	Initial	Final	Gain		
Control	153.52 ± 18.87 ^{b)}	291.62 ± 21.75	138.10 ± 9.55	864.91 ± 90.03	0.16 ± 0.11
RSO ₅	153.49 ± 18.37	282.47 ± 31.95	130.58 ± 15.09	733.58 ± 54.90**	0.18 ± 0.08**
RSO ₁₀	153.50 ± 18.13	285.50 ± 10.47	132.00 ± 9.92	686.34 ± 34.80***	0.19 ± 0.08**
RSO ₁₅	153.55 ± 19.28	288.89 ± 23.87	135.34 ± 10.24	684.41 ± 35.02***	0.20 ± 0.08**
RSO ₂₀	153.60 ± 17.93	280.67 ± 26.37	127.07 ± 10.53	655.27 ± 63.03***	0.19 ± 0.13**

a) : FER = Food efficiency ratio = Body weight gain / Food intake,

b) : M ± S. D

** : Significantly different from control group ($p < 0.01$)

*** : Significantly different from control group ($p < 0.001$)

너무 많아서 사료를 기피하여 제대로 먹지 않았고 이에 erucic acid의 영향까지 덧붙여져 나타난 현상이 아닌가 사료된다.

평균 사료 섭취량은 대조군이 864.91g인데 비하여 RSO₅군은 733.58g, RSO₁₀군은 686.34g, RSO₁₅군은 684.41g 그리고 RSO₂₀군은 655.27g으로 각각 15.1%(p<0.01), 20.6%(p<0.001), 20.9%(p<0.001) 그리고 24.23%(p<0.001) 감소하여 지방 함량에 반비례하는 현상을 보여서 대조군과 유의차를 나타냈다.

식이 효율은 대조군이 0.16인데 비하여 RSO₅군, RSO₁₀군, RSO₁₅군, RSO₂₀군이 각각 0.18, 0.19, 0.20, 0.19로 각각 유의차 (p<0.01)를 나타내었다.

이와 같은 결과는 임³²⁾ 등이 대두유, 팥유, 동백유를 10%씩 섭취시킨 흰쥐의 식이 효율이 각각 0.34, 0.28, 0.38로 보고된 것에 의하면 RSO₁₀군이 훨씬 낮게 나타났으며 윤³³⁾이 면실유와 우지를 15%씩 섭취시킨 흰쥐의 식이 효율이 각각 0.20, 0.21로 보고된 것과 Shortening을 20% 섭취시킨 흰쥐의 식이 효율 0.20과 비교할때 비슷한 수준이었다.

이와 같이 다양한 양상을 나타낸 것은 사료유지의 지방산 조성 차이에 의한 것으로 사료된다.

실험 42일후 단위체중당 각 장기의 중량은 Table 4와 같은데 간은 대조군이 2.970g인데 비하여 RSO₅군은 3.143g, RSO₁₀군은 3.249g, RSO₁₅군은 3.479g, RSO₂₀군은 3.478g으로 각각 5.8%, 9.4%(p<0.01), 17.1%(p<0.001), 17.1%(p<0.001)로 증가하여 RSO₅군을 제외한 나머지 군에서는 유의차를 나타내었

다. 그러나 신장과 고환은 각 군마다 유의차가 없었으며 심장은 대조군이 0.404g인데 비하여 RSO₁₀군은 0.359g으로써 11%(p<0.005) 감소로 유의차를 나타냈으나 심장에서 혈액을 채취하였기 때문에 큰 의의는 없는 것으로 사료된다. 비장에서는 RSO₁₀군은 0.336g으로 대조군의 0.272g에 비하여 23.5%(p<0.05) 감소를 나타냈으나 심장과 비장에서 RSO₅, RSO₁₅, RSO₂₀군들은 약간의 증감을 보였을 뿐 유의차는 없었다. 또한 갑상선에서는 대조군이 0.007g인데 비하여 RSO₅군은 0.006g, RSO₁₀군은 0.017g, RSO₁₅군은 0.023g, RSO₂₀군은 0.030g으로 RSO₅군은 1.43% 감소하였고 RSO₁₀군은 14.2% 증가하였으나 유의차는 없었다. 그러나 RSO₁₅군과 RSO₂₀군은 각각 228.6%(p<0.05), 3.28.6%(p<0.05) 증가하여 유의차를 나타냈다.

이와 같은 결과는 윤³³⁾이 면실유와 우지를 각각 15% 섭취시킨 군에서 간, 신장, 심장의 단위체중당 중량이 각각 2.85g, 0.64g, 0.30g이었던 것과 비교할 때 약간 높은 편이지만 비장은 윤의 0.45g에 비하여 약간 낮았으며 또 KAIST⁴⁷⁾의 실험결과에서 간, 신장, 심장, 비장 및 갑상선은 각각 3.116g, 0.719g, 0.339g, 0.202g, 0.004g으로 보고한 바에 의하면 본 실험군이 모두 높게 나타났다.

3. 혈청의 지질 함량

1) Total Lipid, triglyceride 및 phospholipid의 함량

Table 4. Weight of organ in rat fed rapeseed oil(g/100g B. W)

Organ	Control	RSO ₅	RSO ₁₀	RSO ₁₅	RSO ₂₀
Liver	2.970±0.157 ^{a)}	3.143±0.238	3.249±0.222**	3.479±0.130***	3.478±0.496***
Kidney	0.779±0.058	0.764±0.039	0.753±0.073	0.746±0.042	0.729±0.131
Heart	0.404±0.056	0.419±0.064	0.359±0.027*	0.400±0.032	0.388±0.129
Spleen	0.272±0.046	0.319±0.052	0.336±0.056*	0.297±0.048	0.304±0.078
Testis	0.989±0.065	0.996±0.046	1.033±0.115	1.041±0.077	1.060±0.179
Thyroid	0.007±0.005	0.006±0.003	0.017±0.010	0.023±0.010**	0.030±0.019**

a) M ± S. D.

* Significantly different from control group (p<0.05)

** Significantly different from control group (p<0.01)

*** Significantly different from control group (p<0.001)

지방 섭취량에 따른 혈청중의 TL, TG 및 PL함량을 측정된 결과 Table 5와 같다. TL의 함량은 대조군이 324.29mg/dl인데 비하여 RSO₅군은 327.98mg/dl, RSO₁₀군은 334.85mg/dl로 유의차가 없으나 RSO₁₅군은 340.43mg/dl, RSO₂₀군은 378.60mg/dl로 각각 유의차 (p<0.01)를 나타냈다.

TG의 함량은 대조군이 84.14mg/ml 인데 비하여 RSO₅군은 89.29mg/dl, RSO₁₀군은 98.43mg/dl로 유의차가 없었으나 RSO₁₅군은 100.33mg/dl (p, 0.05), RSO₂₀군은 122.00mg/dl (p<0.01)로 유의차를 나타냈다.

김⁴⁸⁾등이 참기름, 들기름, 우지를 15% 섭취시킨 결과 TG함량은 각각 245.6mg/dl, 214.4mg/dl, 348.7mg/dl 인데 비하여 RSO₁₅군에서 훨씬 낮은 수준이었다.

Table 5. Total lipid, triglyceride and phospholipid in serum (mg/dl)

Group	Total lipid	Triglyceride	Phospholipid
Control	324.29±45.73 ^{a)}	84.14±18.69	116.86±20.72
RSO ₅	327.98±60.26	89.29±46.54	120.33±11.17
RSO ₁₀	334.85±31.38	98.43±24.49	110.86±19.42
RSO ₁₅	340.43±56.07	100.33±37.26*	112.29±22.01
RSO ₂₀	378.60±13.22**	122.00±25.91**	117.40±14.37

a) M ± S. D.

* Significantly different from control group (p<0.05)

** Significantly different from control group (p<0.01)

한편 PL의 함량은 대조군이 116.86mg/dl인데 비하여 RSO₅군, RSO₁₀군, RSO₁₅군과 RSO₂₀군은 각각 120.33mg/dl, 110.86mg/dl, 112.29mg/dl, 117.40mg/dl로 각 군간에는 거의 차이가 없었으며 10% 군의 경우에는 임³²⁾이 동백유, 대두유, 팜유를 섭취시킨 결과와 같은 경향을 나타냈다.

2) Cholesterol 함량

혈청중의 Cholesterol 함량을 조사한 결과는 Table 6과 같다.

3) Total-cholesterol 함량

혈청 중의 T-Chol함량은 대조군이 82.00mg/dl인데 비하여 RSO₅군은 78.71mg/dl, RSO₁₀군은 83.50mg/dl, RSO₁₅군은 85.00mg/dl, RSO₂₀군은 92.57mg/dl로서 유채유의 함량에 비례하여 증가하는 경향을 보였으나 유의차는 없었다.

한편 윤³³⁾이 옥수수유와 우지를 각각 15%씩 섭취시킨 군의 T-Chol함량은 각각 60.34 mg/dl, 64.28mg/dl인데 비하여 RSO₁₅군은 각각 약 29.0%와 24.4%가 높게 나타났으나 20% shortening을 24일간 섭취시킨 군의 T-Chol 함량이 109.5mg/dl 인데 비하면 42일간 RSO₂₀군을 섭취시킨 군은 15.5%가 낮았다. 그러나 기⁴⁰⁾등이 들깨유를 20% 섭취시킨 군의 T-Chol 함량은 93.36mg/dl로서 RSO₂₀군과 거의 비슷하였으나 우지를 10% 섭취시킨 군에서는 94.94mg/dl로서 RSO₁₀군의 83.50mg/dl보다 13.7%

Table 6. Content of total cholesterol, ester-cholesterol, free-cholesterol, HDL-cholesterol and LDL-cholesterol in serum(mg/dl)

Group	Total-cholesterol	Ester-cholesterol	Free-cholesterol	HDL-cholesterol	LDL-cholesterol
Control	82.00±17.66 ^{a)}	52.29±5.84	29.71±14.53	56.71±15.27	25.29±11.50
RSO ₅	78.71±13.95	46.86±4.10*	31.85±12.67	48.83±16.98	29.80±13.82
RSO ₁₀	83.50±13.00	48.67±3.45	34.83±13.33	53.71±9.03	29.79±9.44
RSO ₁₅	85.00±19.64	50.71±4.35	34.29±17.36	60.57±13.01	24.43±11.19
RSO ₂₀	92.57±8.68	55.20±7.95	37.40±6.03	66.00±3.24	26.57±9.10

a) M ± S. D.

* Significantly different from control group (p<0.05)

높았으며 우지를 20% 섭취시킨 군 역시 104.98mg/dl로서 RSO₂₀군에 비하여 13.4%가 높았다.

이상의 결과를 살펴볼 때 RSO₁₅군은 옥수수유나 우지를 15% 섭취시켰을 때보다 혈청중의 T-Chol함량이 월등이 높았으나 RSO₂₀군에서는 shortening이나 우지를 20% 섭취시켰을 때보다 오히려 낮아지는 경향을 보였다.

4) Ester-cholesterol, free-cholesterol, high density lipoprotein-cholesterol 및 low density lipoprotein-cholesterol 함량

혈청중의 E-Chol함량은 대조군이 52.29mg/dl인데 비하여 RSO₅군은 46.86mg/dl로 10% (p<0.05) 낮아 유의차를 나타냈다. 그러나, RSO₁₀군, RSO₁₅군, RSO₂₀군에서는 대조군보다 약간 증감을 보였을 뿐 유의차는 없었다. 또 임³²⁾ 등이 10% 대두유, 팥유, 동백유를 각각 20일간 섭취시켰을 때의 E-Chol량은 각각 42.0mg/dl, 35.7mg/dl, 39.8mg/dl로 RSO₁₀을 42일간 섭취시킬 때보다 약간 낮게 나타났다. 또한 차³⁴⁾가 대두유, Shortening, MCT를 각각 20%씩 24일간 섭취시켰을 때 E-Chol의 함량이 각각 60.8mg/dl, 88.6mg/dl, 67.6mg/dl인데 비하여 RSO₂₀군은 55.20mg/dl로 훨씬 낮았다. F-Chol의 함량은 대조군이 29.71mg/dl인데 비하여 유채유 함유군은 유지의 함량 순으로 약간씩 증가하였을 뿐 유의차는 없었다.

한편 HDL-cholesterol 함량은 대조군이 56.71mg/dl인데 비하여 RSO₅군은 48.83mg/dl, RSO₁₀군은 53.71mg/dl로 각각 13.9%와 5.3%가 낮았고 RSO₁₅군은 60.57mg/dl, RSO₂₀군은 66.00mg/dl로 각각 8%와 16.4%가 높았으나 모두 유의차는 없었고 유채유의 함량에 비례하여 HDL-Chol 함량 역시 높아지는 경향을 보였다. 차³⁴⁾가 20% 대두유, shortening, MCT를 24일 섭취시킨 군은 HDL-Chol이 각각 44.7mg/dl, 43.8mg/dl로 본 실험결과보다 약간 낮았는데 이것은 RSO₂₀군의 섭취 기간이 42일인데 비하여 이들의 섭취기간이 짧기 때문인 것으로 사료된다.

LDL-Chol 함량은 대조군이 25.29mg/dl인데 비하여 RSO₅군과 RSO₁₀군은 각각 29.80mg/dl, 29.79mg/dl로 각각 17.8%, 16.4%가 높았으며, RSO₁₅군은 24.43mg/dl, RSO₂₀군은 26.57mg/dl로 대조

군과 거의 비슷한 수준으로 유의차가 없었다.

한편 임³²⁾ 등이 10% 대두유, 팥유, 동백유를 20일간 섭취시킨 군의 LDL-Chol 함량은 각각 24.3mg/dl, 37.7mg/dl, 30.4mg/dl로서 RSO₁₀을 42일간 섭취시킨 군에 비하여 팥유와 동백유는 높은 수준이었다. 또한 차³⁴⁾가 20% shortening과 MCT를 24일간 섭취시킨 군의 LDL-Chol 함량은 각각 65.7mg/dl, 37.3mg/dl로서 RSO₂₀군의 26.57mg/dl보다 훨씬 높게 나타났으며 윤³³⁾이 20% 옥수수유와 우지를 49일간 섭취시킨 군은 각각 30.07mg/dl, 41.19mg/dl로서 본 연구결과보다 약간 높게 나타났다.

4. 간조직 중의 지질 함량

1) Total lipid, triglyceride 및 phospholipid 함량

간 조직중의 TL, TG 및 PL함량을 조사한 결과는 Table 7과 같다.

TL함량은 대조군이 66.90mg/g인데 RSO₅군은 57.33mg/g, RSO₁₀군은 58.80mg/g, RSO₁₅군은 63.00mg/g, RSO₂₀군은 69.83mg/g으로서 대조군에 비하여 모두 낮았으며 유채유의 함량이 증가함에 따라 약간씩 높았으나 유의차는 없었다. 이러한 결과는 김⁴⁸⁾ 등이 들기름과 우지를 각각 15% 섭취시킨 군에서 TL함량이 각각 60.32mg/g과 47.87mg/g인데 비하여 RSO₁₅군은 약간 높았고 참기름을 15% 섭취시킨 군은 72.92mg/g인데 비하여 약간 낮았다.

TG의 함량은 대조군이 29.76mg/g인데 비하여 RSO₁₀군은 24.78mg/g으로서 가장 적고 RSO₂₀군은

Table 7. Contents of total lipid, triglyceride and phospholipid of liver (mg/g)

Group	Total lipid	Triglyceride	Phospholipid
Control	66.90±5.46 ^{a)}	29.76±4.79	8.42±1.76
RSO ₅	57.33±2.62	26.46±1.67	8.16±2.44
RSO ₁₀	58.80±7.14	24.78±5.23	7.71±0.74
RSO ₁₅	63.00±8.74	28.26±4.68	7.82±1.20
RSO ₂₀	69.83±4.71	33.77±4.05	7.34±0.45 ^{***}

a) M ± S. D.

* Significantly different from control group (p<0.05)

33.77mg /g으로 가장 높았지만 모두 유의차는 없었으며 김⁴⁸⁾ 등이 참기름, 들기름, 우지를 각각 15%씩 54일간 섭취시킨 군에서는 TG의 함량이 각각 14.03mg /g, 7.54mg /g, 9.90mg /g이어서 RSO₁₅군은 이들 보다 높았다.

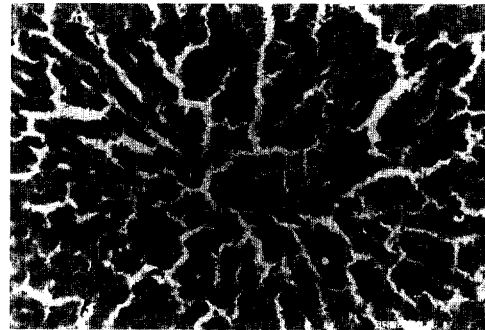
PL의 함량에 있어서는 대조군이 8.42mg /g인데 비하여 유지의 함량이 많은 RSO₂₀군만이 7.34mg /g (p<0.01)를 나타내어서 유의차를 보였으나 다른 군에서는 별다른 차이가 없었다.

2) Total-cholesterol, free-cholesterol 및 ester-cholesterol 함량

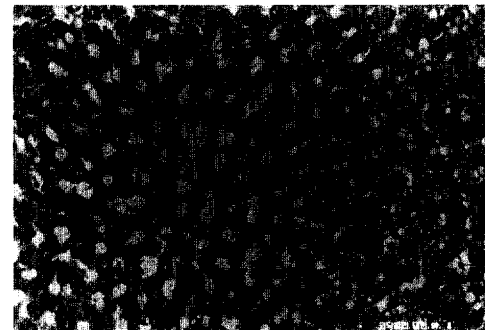
간조직의 cholesterol류 함량을 조사한 결과 Table 8과 같다.

T-Chol함량은 대조군이 19.1mg /g인데 비하여 RSO₅군은 15.1mg /g, RSO₁₀군은 17.5mg /g, RSO₁₅군은 17.9mg /g, RSO₂₀군은 19.1mg /g 순으로 유채유 함량이 많을수록 증가하였으나 유의차는 없었다. 김⁴⁸⁾ 등은 15% 참기름, 들기름, 우지를 각각 15% 섭취시킨 군에서 T-Chol의 함량은 각각 10.39mg /g, 87mg /g, 5.85mg /g 으로서 RSO₁₅군에 비하여 모두 낮은 수준을 나타내었다.

또한 배⁴⁹⁾는 고등어유, 대두유, 우지를 각각 20%씩 섭취시킨 군의 T-Chol 함량은 11.78mg /g, 9.30mg /g, 9.38mg /g이라 보고하였는데 이는 RSO₂₀군보다 약간 낮은 양이다. E-Chol 함량은 대조군이 11.6mg /g인데 비하여 모든 군이 T-Chol 함량의 경우와 마찬가지로 유의차가 없이 거의 비슷한 경향을 나타냈으며 F-Chol 함량 역시 대조군에 비해서 유의



Control



RSO₂₀

Fig. 1. Photomicrograph of liver tissue in rat (H & E stain, ×200).

차는 없었다.

5. 간의 조직학적 관찰

간에 대한 육안적 소견은 각 군간의 뚜렷한 차이가 없었으며 5군 모두 그 표면이 평평하고 윤기를 나타내었으며 탄력성이 있었다. 광학현미경으로 관찰한 결과는 Fig. 1과 같이 대조군, RSO₅군, RSO₁₀군, RSO₁₅군 모두 정맥이나 소엽의 구조적 변화나 간세포의 이상은 없었다. 그러나 RSO₂₀군은 다른 군과는 약간 달리 간의 적혈구세포에 지방축적으로 인한 공포를 볼 수 있었는데 이는 간조직의 지질 분석 결과 RSO₂₀군에서 TL, TG, T-Chol의 함량이 다른 군에 비하여 많이 함유되어 있기 때문인 것으로 사료된다. 일반적으로 실험동물에게 동물성 고지방식이나 PUFA의 함량이 높은 식물성 유지를 장기간 과잉 섭취시킬 때는 비

Table 8. Contents of total cholesterol, free-cholesterol and ester-cholesterol of liver (mg/g)

Group	Total-cholesterol	Ester-cholesterol	Free-cholesterol
Control	19.09±3.97 ^{a)}	11.55±5.40	7.54±4.78
RSO ₅	15.55±5.66	9.08±2.78	6.02±4.83
RSO ₁₀	17.52±3.98	11.30±2.32	6.22±4.24
RSO ₁₅	17.91±5.69	12.68±4.19	5.23±2.02
RSO ₂₀	19.14±7.95	9.86±2.77	9.28±4.96

a) M ± S. D.

교적 지방간이 형성되기 쉬운 RSO₂₀군에 나타난 정도의 지방축적은 대사에 큰 영향을 없을 것으로 사료된다.

요 약

본 실험은 시판되고 있는 유채유의 지방산 조성을 분석하고 유채유의 함량에 따른 체중증가와 혈청 및 간조직의 지질농도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 Surague-Dawely계 수컷 흰쥐를 42일간 유채유 함유 사료로 사육하여 다음과 같은 결과를 얻었다. 시판 유채유의 지방산 조성은 oleic acid가 29.43%로 가장 많았고 erucic acid(26.52%), linoleic acid(20.39%), linolenic acid(8.68%)의 순으로 나타났다. 체중 증가는 대조군이 138.10g인데 비하여 RSO₅군은 130.58g, RSO₁₀군은 132.00g, RSO₁₅군은 135.34g, RSO₂₀군이 127.07g으로 유채유 함량에 따라 약간 차이가 있으나 대조군보다는 모두 낮았다. 각 장기의 중량에 있어서 간은 대조군이 2.970g인데 비하여 RSO₁₀군이 3.249g(p<0.01), RSO₁₅군과 RSO₂₀군은 각각 3.479g과 3.478g(p<0.01)으로서 유의차를 나타내었고 갑상선도 RSO₁₅군과 RSO₂₀군이 각각 0.023g과 0.030g(p<0.01)으로서 유의차를 나타냈으나 심장, 신장, 비장, 고환에서는 유의차가 없었다. 혈청의 total lipid 함량은 대조군(324.29mg/dl)에 비하여 RSO₂₀군(378.60mg/dl)이 유의적으로 높았으며(p<0.01) 간조직에서는 군간에 유의차가 없었다. 혈청의 triglyceride함량은 대조군(84.14mg/dl)에 비하여 RSO₂₀군(122.00 mg/dl)이 유의적으로 높았으며(p<0.01), 간조직에서는 RSO₂₀군(33.77mg/g)이 가장 높았으나 대조군(29.76mg/g)에 비하여 유의차는 없었다. 혈청의 phospholipid함량은 모든군에서 거의 비슷한 수준이었으나 간조직에서는 대조군(8.42mg/g)에 비하여 RSO₅(7.34mg/g)군이 유의적으로 가장 낮았다(p<0.001). Total-cholesterol 함량은 혈청과 간조직에서 대조군에 비하여 RSO₂₀군이 가장 높은 수준이었으나 유의차는 없었다. Ester-cholesterol함량은 혈청중에서 RSO₅군(46.82mg/dl)이 대조군(52.29 mg/dl)에 비하여 유의적인 차이(p<0.05)를 나타내었으며 간조직에서는 모든 군이 같은

수준이었으며 혈청의 Free-cholesterol과 LDL-cholesterol함량은 군간에 유의성이 없었다. 간조직의 관찰에서는 RSO₂₀군에서만 약간의 지방침착이 발견되었을 뿐 나머지 군은 모두 정상이었다.

참고문헌

1. 전제현 : 유지산업. 식품과학과 산업, 21(3), 62-659, (1988)
2. 韓國人口保健研究院 : 韓國人營養勸奨量. 第4版 FAO韓國協會, 高文社, (1985)
3. 한국농촌경제연구원 : 食品수급표, (1986)
4. 한국농촌경제연구원 : 食品加工産業 육성방안에 관한 연구, (1983)
5. 蔡鍾宣 : 園藝大百科, . 1047, 一中堂, (1979)
6. 이준식 : 식물성 식용유의 생산 현황과 전망. 한국농화학회지, 17(2), 80, (1984)
7. McCutcheon, J. S., Umermura, T., Bhatnagar, M. K., Walker, B. L. : Cardiopathogenicity of rapeseed and oil blends differing in erucic, linoleic and linolenic acid content. *Lipids*, 11(7), 545, (1976)
8. Hamilton, R. M. G., Mcdonald, B. E. : Effect of dietary fat source on the apparent digestibility of fat and the composition of fecal lipids of the young pig. *J. Nutri.*, 97, 33, (1968)
9. Gallikienle, M., Cighetti, G. : Effect of rapeseed oil on fatty acid oxidation and lipid levels in rat heart and liver. *Lipids*, 11(9), 670, (1979)
10. Daun, J. K. : Composition and use of canola seed oil and meal. *Cereal Food World*, 292, (1984)
11. 李正日 : 油菜의 脂肪酸組成 改良育種에 관한 最近의 内外動向과 우리나라 油菜育種의 새로운 方向. 한육지, 7(2), 109-119, (1975)
12. 李正日, 志賀敏夫, 高柳謙治 : 油菜의 脂肪酸組成 改良育種에 관한 研究, 第 V報, 油菜栽培時機移動에 따른 種實油의 脂肪酸組成變化. 한국작물학회

- 지, 19, 78-82, (1975)
13. 李正日, 閔庚洙, 權炳善 : 油菜의 脂肪酸組成 改良育種에 관한 研究, VIII, 十字花科作物들의 油含量 및 脂肪酸組成의 種屬間差異. 農事試驗研究報告 第 18 輯 (作物編), 209-217, (1975)
 14. 李正日, 權炳善, 閔庚洙 : 油菜의 脂肪酸組成 改良育種에 관한 研究, IX, 油菜에 있어서 種子組織가 發芽組織 및 同化組織油의 脂肪酸組成 變化. 農事試驗研究報告 第 19 輯 (作物編), 81-89, (1977)
 15. 李正日, 權炳善 : 油菜의 脂肪酸組成 改良育種에 관한 研究, 第 XI 報, 良質粕油菜品種들의 熟期 및 實用形質에 대한 遺傳統計量의 地域間變異. 韓育지, 13(1), 31-39, (1981)
 16. 金一海, 李正日, 權炳善, 減泳秀 : 油菜良質油良粕多收性 新品種 "榮山油菜", 農事報告, 第 23 輯 (作物編), 183-187, (1981)
 17. 李正日, 權炳善 : 油菜의 脂肪酸組成 改良育種에 관한 研究, 第 XII 報, 成分改良油菜品種의 熟期 및 實用形質에 對한 遺傳統計量의 年次間變動. 韓育지, 13(2), 126-133, (1981)
 18. 李正日, 權炳善 : 油菜의 脂肪酸組成 改良育種에 관한 研究, 第 XIII 報, 油菜雜種分離世代에 있어서 Double Zero (無에루진酸, 無구루코지노레이트) 個體分離에 관한 調査. 韓育지, 14(1), 19-24, (1982)
 19. Astwood, E. B., Greer, M. A., Ettlinger, M. G. : L-5-vinyl-2-thioxazolidine, an antihyroid compound form yellow turnip and from Brassiac seeds. *J. Biol. Chem.*, 181-121, (1949)
 20. 朴源玉, 成樂應 : 各種 脫脂粕의 營養價에 대하여. 韓國식품과학회지, 6(3), 138-146, (1974)
 21. 梁昌日 : 平地씨 蛋白質의 營養價에 관한 研究. 韓國식품과학회지, 12(2), 109-115, (1980)
 22. 金仁淑, 權泰鳳, 吳成基 : 밭아에 의한 유채의 일 반성분, 지방산 및 무기물의 조성변화. 韓國식품과학회지, 20(2), 188-193, (1983)
 23. 金仁淑, 權泰鳳, 吳成基 : 밭아에 의한 유채의 Glucosinolate 및 유리당 함량의 변화에 관한 연구. 韓國식품과학회지, 20(2), 194-199, (1988)
 24. 조병미, 윤석권, 김우정 : 유채 발아중 아미노산과 지방산 조성의 변화. 韓國식품과학회지, 17(5), 371, (1985)
 25. 姜淑 : 韓國산 평지씨 기름의 지방산 성분에 관한 연구. 淑明女子大學校 大學院 (석사논문), (1980)
 26. 김화선 : 韓國산 채종유의 지방산 고찰. 淑明女子大學校 大學院 (석사논문), (1980)
 27. 姜淑, 李康賢, 辛孝善 : 韓國산 평지씨 기름의 脂肪質成分에 관한 연구. 韓國식품과학회지, 12(2), 130-134, (1971)
 28. 池奎萬, 金春洙 : 菜種粕의 物理的處理가 初生雛의 成長에 미치는 영향. 韓國축산학회지, 13(2), 130-134, (1971)
 29. 李正日, 方鎮法, 權炳善, 閔庚洙 : 油菜粕 飼料化를 위한 有害成分(Glucosinolate) 改良育種에 관한 研究, 第 I 報, 導入地域에 따른 油菜品種의 Glucosinolate 含量差異. 韓育지, 16(2), 176-178, (1984)
 30. 朴明姬 : 食餌不飽和脂肪酸種類가 흰쥐의 體內 Vitamin E 및 Glutathione 含量에 미치는 영향. 曉星女子大學校 大學院 (석사논문), (1986)
 31. 羅惠敬 : 식이 ω 3 지방산 섭취가 발달과정의 흰쥐 뇌 지질에 미치는 영향, 曉星女子大學校 大學院 (석사논문), (1986)
 32. 임경자, 김종대, 이현숙, 고은숙, 주진순 : 식이 지방의 종류가 흰쥐의 지질조성에 미치는 영향. 韓림대학부설 韓國영향연구소, 9-19, (1987)
 33. 尹賢淑 : 脂質의 種類를 달리하였을 때 食餌內 Vitamin E 添加가 흰쥐의 血清 Vitamin E 濃度 및 脂質成分에 미치는 영향. 東亞大學校 大學院 (석사논문), (1986)
 34. 車載璇 : Medium hain Triglyceride 添加食餌가 Cholesterol 投與 흰쥐의 血中 脂質 및 Lipoprotein에 미치는 영향. 明知大學校 大學院 (박사논문), (1983)
 35. AOCS : Official and tentative method of AOCS, 3rd ed., *JAOCS, Champaign*, Vol. 1, TV, Ce 2-66.
 36. Bauer, J. D. : Clinical laboratory methods, 9th ed., the C. V. Mosby Co. St. Louis Mis-

- souri, 545-555, (1982)
37. Allain C. C. : *Clin. Chem.* **20**, 470, (1974)
38. Richmond, V. : *Clin. Chem. Biochem.* **198**, 1350, (1973)
39. Frankel, S., Reitman, C., Sommenwirth, A. C. : *Clinical laboratory methods and diagnosis*, 7th ed., the C. V. Mosby Co, m St. Louis, Missouri, **1**, 234-244, (1970)
40. 奇慧蘭, 盧長淑, 曹貞淳 : 高不飽和 脂肪食餌가 흰 쥐血清의 Vitamin E 濃度와 脂肪成分에 미치는 影響. 한국유화학회지, **3**(2), 9-16, (1986)
41. Cheek, C. S., Wease, D. F. : *Clin. Chem.* **15**, 102, (1969)
42. Craig, B. M. : *J. Plant Sci.* **41**, 204, (1961)
43. Downey, R. K. : *Chem. Ind.*, **119**, 401, (1976)
44. Ory, R. L. and St. Angelo, A. J. : *J. Am. Oil chemists's Soc.*, **52**, 130A, (1975)
45. Masef, H. A., Evans, L. D., Mustakas, G., Cowan, J. C. : *J. Am. Oil chemists's Soc.*, **42**, 811, (1965)
46. Rapeseed Association of Canada : Canadian rapeseed oil, Properties, Processes and Food Quality, **34**, (1978)
47. KAIST : Laboratory animals, mouse and rat, (1988)
48. 김우경, 김숙희 : 한국에서 상용되는 식용유지로 사용된 흰쥐의 체내 지방대사 및 면역능력에 대한 연구. 한국영양학회지, **22**(1), 42-53, (1989)
49. 裴福善 : 魚油食餌가 본태성 고혈압쥐(SHR)의 혈압 및 체내지질 대사에 미치는 영향. 曉星女子 大學校 大學院 (석사논문), (1987)

(1994년 7월 2일 수리)