

마와 천마 분말이 흰쥐의 혈청, 간장 및 뇌 조직의 지방산 조성에 미치는 영향

박필숙* · 박미연¹

상주대학교 식품영양학과
¹경상대학교 해양과학대학 식품과학과

Effects of *Dioscorea batatas* and *Gastrodia rhizoma* on Fatty Acid Compositions of Serum, Liver and Brain in Rats

Phil-Sook Park* and Mi-Yeon Park¹

Department of Food Science and Nutrition, Sangju National University

¹Department of Food Science, Gyeongsang National University

Abstract

This study evaluated the effects of *Dioscorea batatas* and *Gastrodia rhizoma* on fatty acid composition of serum, liver and brain in rats which were fed control diet adding 5%, 10%, 15% *Dioscorea batatas* powder and 5%, 10%, 15% *Gastrodia rhizoma* powder for 3 weeks, respectively. In the total fatty acid composition of serum lipids, the percentage of SFA was higher in the control group than in the other groups. The percentages of 18:2 and 20:4 in serum lipids were significantly higher in the group 5, 6 and 7 than control group. In phospholipid fatty acid composition of serum lipids, the percentage of 18:2 was significantly higher in the group 5, 6 and 7 than in the other groups. 16:0, 18:0, 18:1, 18:2 and 20:4 were the main fatty acid in the total fatty acid and phospholipid fatty acid composition of liver lipids. 16:0, 18:0, 18:1, 18:2, 20:4 and 22:6 were the main fatty acid in the total fatty acid and phospholipid fatty acid composition of brain lipids.

Key words – *Gastrodia rhizoma*, *Dioscorea batatas*, fatty acid

서 론

한방명으로 산약이라고 부르는 마(*Dioscorea batatas*)는 마과(*Dioscoreaceae*)에 속하는 여러해살이 덩굴식물로 당뇨병, 폐결핵, 빈뇨증 및 신체가 허약할 때 약재로 많이 이용되고 폐와 비장에 이롭다고 알려져 있다[29]. 이러한 마의 효능에 대해 규명된 성분으로는 전분, mucin, mannose, 비타민 C, 그리고 leucine, arginine, phenylalanine 등의 아미노산과

polyphenol oxidase, steroid saponin 및 소화효소인 diastase 등[12]이 있다 그리고, 난초과(*Orchidace*)에 속하는 다년생의 寄生草로서 뿌리는 塊莖狀으로 비대하며 긴 타원형을 이루고 있는 천마(*Gastrodia rhizoma*)는 한방에서 鎮瘧, 고혈압, 진정, 강장, 혼기증, 두통 및 신경쇠약 등에 이용되고 있으며, 특히 풍증치료, 어린이들의 경련에 많이 쓰이고 있다[30]. 그리고, 이들 효능에 대한 성분 연구에서 glucoside와 phenol성 화합물, 유기산, 당 및 β -sitosterol 등[26]이 분리되었으며, Liu 등[16]은 천마 중의 주요성분으로 *p*-hydroxylbenzyl alcohol과 vanillin을 확인함과 동시에 이

*To whom all correspondence should be addressed
Tel : 054-530-5302, E-mail . pspark@sangu.ac.kr

들의 항산화 활성에 대하여 보고하였다. 최근 많은 연구자들이 한방이나 민간요법을 근거로 하여 지질대사 개선기능을 갖는 식물의 성분추출과 효능을 연구[1,6,18]하여 고혈압, 동맥경화 및 심장 순환기계 질환의 발병률을 높이는 위험 요인들을 제거하려는 연구[5,17]가 많이 수행되고 있으며, 이들의 식이 첨가는 지질대사에서 체지방 함량 뿐 아니라 지방산 조성에도 많은 영향을 미치는 것으로 알려져 있다 [21,22]. 따라서, 본 연구에서는 마와 천마 분말이 혈청, 간 조직 및 뇌 조직의 지방산 조성에 미치는 효과를 흰쥐를 대상으로 평가해 보고자 하였다.

재료 및 방법

실험동물

체중 60~65g의 생후 4 주령된 Sprague Dawley계 숫쥐를 경북대학교 부속 동물사육장에서 구입하여 20% casein을 함유하는 기초사료로써 1주일간 예비사육 후 체중에 따라 난피법(Randomized Complete Block Design)에 의해 6마리씩 7군으로 나눈 다음 apartment식 사육상자에 한 마리씩 넣어 3주일간 실험 사육하였다. 예비사육 및 실험 사육 기간 중 사료와 물은 자유로이 섭취시켰으며, 사육실의 온도는 $20\pm2^{\circ}\text{C}$, 습도는 50% 전후로 조절하였고 명암은 12시간(07:00~19:00) 주기로 조명하였다.

식이

실험식이 조성은 Table 1과 같으며, 실험식이는 대조군 식이로서 콜레스테롤 1%와 sodium cholate 0.25%를 첨가 조제하였다. 실험식이에 사용된 마와 천마는 강원도 춘천에서 재배한 것을 구입하여 읊긴 건조한 후 60 mesh 분말로 만들어 사용하였으며, 유자로는 돈지(삼립유자제)와 옥수수 기름(동방유량(주)제)을 절반씩 해서 10% 수준에서 첨가하였다.

실험동물의 처리

실험 기간 중 익일로 체중을 측정하고 식이 섭취량은 매일 식이 잔량을 측정하여 산출하였다. 3주 후 실험 최종일에는 7시간 절식시킨 후 에테르 마취하에 개복하여 심장 체 혈법으로 채혈하였고, 혈액은 약 1시간 정도 열음에 방치한 후 3,000rpm에서 15분간 원심분리하여 혈청을 분리하였다. 간장은 식염수로 문맥 탈혈 후 여과자로 물기를 제거한 후 중량을 측정하고, 뇌 또한 적출하여 그 무게를 측정하였다.

분석방법

혈청은 chloroform-methanol 용액(2:1, v/v)으로 추출한 후 14% $\text{BF}_3\text{-MeOH}$ 로 methylation하여 gas-liquid chromatography(GLC, Hewlett Packard 5890A, USA) 기기에 주입하였으며, 간 및 뇌 조직의 총지질 지방산 분석은 Folch

Table 1. Composition of basal and experimental diets (%)

Ingredient/Group	Experimental diet						
	Control	2	3	4	5	6	7
Choline	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
L-Methionine	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Vitamin mixture*	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Mineral mixture*	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Cellulose	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Casein	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Starch	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
Oil**	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
Sucrose	48.75	43.75	38.75	33.75	43.75	38.75	33.75
Cholesterol	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Sodium cholate	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
<i>Dioscorea batatas</i>	-	5.0	10.0	15.0	-	-	-
<i>Gastrodia rhizoma</i>	-	-	-	-	5.0	10.0	15.0

*AIN-76TM, **5% lard + 5% corn oil.

등[8]의 방법에 의하여 chloroform-methanol 용액(2:1, v/v)으로 총지질을 추출하였다. 인지질 분획 분리는 thin layer chromatography(TLC)를 이용하여 일정량의 추출액을 활성화시킨 silica gel plate(20×20 cm)에 접적시키고, 전개 용매로는 petroleum ether : diethylether : acetic acid (82:18:1, v/v/v)를 사용하였다. 분리된 각 지질의 분획을 iodine vapor로 밝색시켜 동정한 후 인지질 분획을 긁어내어 지방을 추출하였다. 총지질과 인지질 분획에 포함된 지방산 조성을 분석하기 위해 methylation시킨 후[20] 일정량을 gas-liquid chromatography(GLC, Hewlett Packard 5890A, USA) 기기에 주입시켰다. 기기의 조건으로는 Ultra 2 capillary column(0.32 mm \times 25 m)과 flame ionization detector가 부착되고, oven온도는 150°C 에서 250°C 로 점차 올렸으며 injection port 온도는 270°C , detection port 온도는 280°C 로 하여 carrier gas인 질소를 유속 0.8 ml/min.으로 조정하였다.

통계처리

분석결과의 통계처리는 실험군 당 평균치와 표준오차를 계산하였고, 유의성 검정은 $p<0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test[25]를 하였다.

결과 및 고찰

마와 천마 분말의 지방산 조성

Table 2는 마와 천마 분말의 지방산 조성을 나타낸 것으로

Table 2. Fatty acid composition of lipids in *D. batatas* and *G. rhizoma* (area %)

Fatty acid	<i>D. batatas</i>	<i>G. rhizoma</i>
14:0	0.5	0.6
16:0	26.2	19.4
16:1	2.8	1.7
18:0	3.9	2.3
18:1	10.5	4.9
18:2	44.0	60.4
18:3	9.4	4.9
Others	2.7	5.8
Saturated fatty acid (SFA)	30.6	22.3
Mono unsaturated fatty acid (MUFA)	13.3	6.6
Poly unsaturated fatty acid (PUFA)	53.4	65.3

로서 마의 지방산은 18:2가 44.0%로 가장 많은 부분을 차지하고 있었으며, 16:0은 26.2%, 18:1은 10.5%, 18:3은 9.4%의 순이었다. 그리고 천마의 경우는 포화지방산(Saturated fatty acid, SFA)이 22.3%, 단일 불포화지방산(Monounsaturated fatty acid, MUFA)이 6.6%, 다가 불포화지방산(Poly unsaturated fatty acid, PUFA)이 65.3%로, 18:2가 60.4%로 가장 많았고, 16:0은 19.4%, 18:1과 18:3은 각각 4.9%로 나타났다. 다가 불포화지방산을 많이 섭취하면 혈청 콜레스테롤이 저하된다고 밝혀지면서 식물성기름의 섭취가 증가되고 있으나, n-3계 지방산 섭취가 지나치게 증가하면 n-6계 지방산에 대해 경쟁을 하므로 n-6계 지방산이 독특한 기능을 수행하지 못하여 결핍증상이 악화되고 산화 스트레스도 증가해 항산화 관련 영양소가 감소된다[27]. 따라서, 각 계열의 지방산은 각각 독특한 기능을 하므로 n-6계와 n-3계 지방산의 섭취가 적절하게 균형을 이루어야 한다고 생각된다.

식이 섭취량과 체중 증가량 및 식이 효율

식이 섭취량과 체중 증가량 및 식이 효율은 Table 3과 같다. 식이 섭취량은 15% 마 분말군인 4군에서 가장 많았으나 체중 증가는 식이 섭취량에 비례하지 않았다. 식이 효율은 대조군과 5% 마 분말군에서 높은 반면 15% 천마 분말군에서 가장 낮았다.

혈청 총지질의 지방산 조성

혈청 총지질의 지방산 조성을 분석한 결과는 Table 4와

Table 3. Food intake, body weight gain and food efficiency ratio of fed the experimental diets for 3 weeks

Groups	Food intakes (g)	Body weight gain (g)	FER ^{**}
1	$404.8 \pm 9.6^{bc*}$	108.5 ± 7.0^{ab}	0.27
2	401.9 ± 10.2^{bc}	110.3 ± 7.6^a	0.27
3	401.3 ± 6.9^{bc}	98.3 ± 4.8^c	0.24
4	422.8 ± 15.5^a	101.7 ± 2.7^{bc}	0.24
5	391.0 ± 14.6^c	101.7 ± 2.9^{bc}	0.26
6	407.9 ± 13.4^b	101.7 ± 4.9^{bc}	0.25
7	403.2 ± 6.7^{bc}	91.7 ± 6.8^d	0.23

*Means in the same column not sharing common superscript letters are significantly different at $p<0.05$.

Values are expressed as Mean \pm SEM of six observations.

**FER: food efficiency ratio.

Table 4. Fatty acid composition in serum lipid of rats fed experimental diets for 3 weeks (area %)

Fatty acid /group	1	2	3	4	5	6	7
14:0	1.5±0.07 ^a	5.8±0.12	2.3±0.07	1.4±0.01	1.2±0.04	1.2±0.02	2.6±0.07
16:0	33.3±0.44 ^c	23.9±0.79 ^{ab}	22.5±0.67 ^a	22.7±0.54 ^a	26.3±0.46 ^b	23.2±0.53 ^{ab}	22.1±0.49 ^a
18:0	10.7±0.17	11.6±0.11	11.3±0.09	12.7±0.07	11.2±0.23	12.8±0.31	12.6±0.28
SFA	45.5±0.21 ^c	41.3±0.32 ^b	36.1±0.47 ^a	36.8±0.12 ^a	38.7±0.21 ^{ab}	37.2±0.34 ^{ab}	37.3±0.33 ^{ab}
16:1	3.1±0.15	4.9±0.09	6.4±0.11	2.3±0.03	2.4±0.04	2.1±0.03	2.6±0.03
18:1	21.2±0.16	20.9±0.21	21.5±0.31	24.8±0.27	20.6±0.26	23.9±0.24	23.0±0.27
MUFA	24.3±0.21	25.8±0.19	27.9±0.23	27.1±0.31	23.0±0.25	26.0±0.23	25.6±0.24
18:2	9.7±0.09 ^a	11.9±0.11 ^{ab}	12.8±0.07 ^{ab}	14.9±0.09 ^b	16.3±0.07 ^c	16.1±0.04 ^c	16.9±0.08 ^c
18:3	0.5±0.01	1.2±0.04	1.1±0.03	1.2±0.04	1.0±0.02	1.1±0.01	1.1±0.01
20:4	10.4±0.18 ^a	11.7±0.12 ^{ab}	11.0±0.11 ^a	12.3±0.13 ^{ab}	12.7±0.17 ^b	12.8±0.16 ^b	13.0±0.11 ^b
20:5	0.1±0.01	0.3±0.02	0.2±0.01	0.2±0.01	0.1±0.01	0.2±0.01	0.1±0.01
22:5	9.2±0.08	6.9±0.04	9.7±0.10	6.0±0.12	6.5±0.18	5.2±0.12	4.8±0.21
22:6	0.3±0.01	0.9±0.02	1.2±0.03	1.5±0.04	1.7±0.03	1.4±0.02	1.2±0.01
PUFA	30.2±0.34	32.9±0.28	36.0±0.34	36.1±0.27	38.3±0.29	36.8±0.32	37.1±0.46
P/S	0.66±0.08	0.79±0.11	1.00±0.09	0.98±0.07	0.99±0.06	0.99±0.07	0.99±0.05
n-6/n-3	1.99±0.07 ^a	2.54±0.12 ^b	1.95±0.69 ^a	3.06±0.14 ^{bc}	3.12±0.11 ^c	3.66±0.12 ^d	4.15±0.19 ^e

*Means in the same column not sharing common superscript letters are significantly different at p<0.05.

Values are expressed as Mean±SEM of six observations.

같다. SFA는 대조군에서 45.5%로 실험군 36.1~41.3%에 비해 높았으며, MUFA는 실험군에서 23.0~27.9% 범위였다. 그리고, PUFA는 대조군에서 30.2%, 실험군에서 32.9~38.3%였다. 포화지방산에서 16:0는 실험군에 비해 대조군에서 유의성있게 높았으며, 18:0는 마, 천마 분말 자체의 지방산 조성 비율인 3.9%, 2.3%에 비해 혈청지질에서의 비율이 10.7~12.8%로 증가된 비율로 나타나 이는 16:0와 더불어 혈청지질 중 SFA의 주된 지방산 구성 성분임을 알 수 있었다. 18:2와 20:4는 대조군에 비해 천마 침가군인 5, 6, 7군에서 유의성있게 높았고, n-6/n-3의 비율은 10%, 15% 천마를 첨가한 6, 7군에서 높게 나타난 것으로 보아 식이에 첨가한 마 분말과 천마 분말의 지방산 조성이 혈청지질의 지방산 조성에 영향을 주었기 때문인 것으로 여겨지며, 식이와 혈청지질에는 밀접한 연관성이 있음을 시사한다고 하겠다. 18:0이 혈중 지질에 미치는 영향에 대해 Grande 등[9]은 18:0은 16:0과는 달리 혈장 콜레스테롤농도에 영향을 미치지 않는다고 보고한 반면, Bonanome과 Grundy[2]는 18:0은 MUFA와 유사하게 혈중 콜레스테롤 농도를 저하시키는 효과가 있다고 하였다. 그리고, 성인 남성을 대상으로 한 보고[23]

에서 n-3계 다가 불포화지방산인 EPA와 DHA가 다량 함유된 어유 캡슐을 복용시킨 결과 혈장내 EPA와 DHA가 다량 증가되었다고 하였으며, Bronsgeest-Schoutte 등[4]은 건강한 사람에게 n-3계 지방산을 4주간 투여한 결과 혈청지질에서 n-6계와 n-9계의 지방산은 감소된 반면 n-3계 지방산은 증가하였다고 보고하였다.

혈청 인지질의 지방산 조성

Table 5는 혈청 인지질의 지방산 조성을 나타낸 것으로서, SFA는 대조군이 47%인데 비해 실험군은 각 군간 차이는 없었으나 36.4~40.9% 정도였으며, MUFA는 전체적으로 13.2~15.0% 범위로 SFA와 PUFA의 비율에 비해 그 함유비가 낮았다. 실험군에서의 PUFA는 45.3~49.2%였으며, 그 중 20:4가 차지하는 비율이 가장 높았다. 그리고, 18:0의 비율을 보면 혈청 총지질 지방산 구성에서와 같이 혈청 인지질에서의 비율 역시 10.1~16.6% 정도로서 마 분말과 천마 분말 자체의 구성비율인 3.9%, 2.3%보다 증가하였다. 18:2는 대조군과 마 침가군에 비해 천마 침가군에서 많았으며, 18:3은 5% 마 침가군인 2군과 5% 천마 침가군인 5군에서

마와 천마 분말이 흰쥐의 혈청, 간장 및 뇌 조직의 지방산 조성에 미치는 영향

Table 5. Fatty acid composition in phospholipid fractionated from serum lipids of rats fed experimental diets for 3 weeks
(area %)

Fatty acid /group	1	2	3	4	5	6	7
14:0	0.9±0.08 ^a	0.4±0.03	0.3±0.02	0.3±0.01	0.5±0.02	0.7±0.04	1.2±0.07
16:0	27.9±0.54 ^d	23.9±0.55 ^a	23.8±0.49 ^a	24.8±0.43 ^{ab}	25.8±0.34 ^{bc}	25.3±0.25 ^b	26.2±0.29 ^c
18:0	18.2±0.27	16.6±0.21	14.9±0.17	14.6±0.23	10.1±0.19	13.3±0.15	11.5±0.13
SFA	47.0±0.38	40.9±0.37	39.0±0.33	39.7±0.34	36.4±0.42	39.3±0.24	38.9±0.27
16:1	3.1±0.07	2.8±0.04	2.5±0.04	2.0±0.01	3.5±0.07	2.8±0.07	3.1±0.04
18:1	10.4±0.44	11.0±0.21	12.3±0.19	11.2±0.17	10.9±0.16	11.3±0.11	11.9±0.21
MUFA	13.5±0.39	13.8±0.29	14.8±0.21	13.2±0.11	14.4±0.15	14.1±0.17	15.0±0.11
18:2	4.2±0.06 ^a	7.6±0.07 ^b	7.8±0.09 ^b	6.3±0.04 ^{ab}	12.7±0.11 ^c	12.4±0.11 ^c	13.5±0.13 ^c
18:3	2.4±0.02 ^a	3.6±0.01 ^c	2.9±0.04 ^{ab}	3.0±0.01 ^b	3.8±0.06 ^c	2.6±0.06 ^a	2.8±0.08 ^{ab}
20:4	23.7±0.17	24.0±0.24	26.1±0.27	25.7±0.23	23.7±0.21	25.6±0.24	22.7±0.24
20:5	0.2±0.01	0.5±0.03	0.2±0.03	1.6±0.01	0.9±0.04	1.3±0.04	1.2±0.03
22:5	8.9±0.11	9.4±0.14	9.1±0.11	9.8±0.17	7.8±0.09	4.4±0.05	5.8±0.09
22:6	0.1±0.01	0.2±0.01	0.1±0.01	0.7±0.08	0.3±0.01	0.3±0.01	0.1±0.01
PUFA	39.5±0.78	45.3±0.66	46.2±0.57	47.1±0.63	49.2±0.51	46.6±0.67	46.1±0.36
P/S	0.84±0.08	1.11±0.09	1.18±0.06	1.19±0.04	1.35±0.07	1.19±0.08	1.19±0.05
n-6/n-3	2.40±0.07 ^b	2.31±0.06 ^{ab}	2.76±0.06 ^{bc}	2.12±0.04 ^a	2.84±0.07 ^c	4.42±0.08 ^e	3.66±0.11 ^d

*Means in the same column not sharing common superscript letters are significantly different at p<0.05.

Values are expressed as Mean±SEM of six observations.

높았다. n-6/n-3비율은 천마 침가군인 6군과 7군에서 특히 높게 나타났는데, 이는 천마 분말 자체의 지방산 조성에서의 n-6계 지방산 비율에 영향을 받은 것으로 여겨진다.

간 총지질의 지방산 조성

마 또는 천마의 침가식이가 간 조직의 지방산 조성에 미치는 영향을 Table 6에 나타내었다. 대조군과 실험군의 경우 SFA의 양은 대조군 38.2%, 실험군 32.2~34.1%정도의 수준이었으며, MUFA는 각 군이 12.7~14.7%, PUFA는 대조군이 47.9%였으나 실험군은 52.4~53.2%를 각각 구성하였다. 이들의 주된 지방산의 종류를 살펴보면, SFA에서는 16:0 가, MUFA에서는 18:1이, PUFA에서는 18:2와 20:4가 양적으로 주된 지방산의 종류인 것으로 나타났다. 18:3은 대조군에 비해 마 침가군인 2, 3, 4군에서 높았으며, 천마 침가군에서는 대조군에 비해 20:4의 함량비율이 유의성 있게 높았다. 일반적으로, 간과 근육 등의 막에 함유된 지방산 성분 중에는 n-6계 지방산이 주를 이루는 것으로 알려져 있으며 [11], 본 연구에서는 간의 총 지방산 조성 중 n-6계 지방산이 PUFA의 약 90% 이상을 차지하였다. 그리고, 간의 총지

질 지방산 조성은 식이에 의해 영향을 받기는 하나 대체로 육지에서 서식하는 동물의 경우 총 지방산의 30~40%를 SFA 가 차지하고, 16:0과 18:0이 주된 포화지방산이라고 하였으며[10], Morimoto 등은 쥐를 대상으로 한 실험에서 SFA, MUFA, PUFA 비율이 간의 총지질 지방산의 각기 30.4~36.4%, 10.6~12.6% 및 50.4~55.4%의 범위를 차지하였고, 이 중에서 16:0, 18:0, 18:1 및 18:2등이 양적으로 주된 지방산으로 나타났다고 보고하였다[19].

간 인지질의 지방산 조성

Table 7은 간 인지질의 지방산 조성을 나타낸 것으로서 SFA, MUFA 및 PUFA 조성이 각기 46.8~54.3%, 18.9~22.9%, 26.8~32.3%로 나타나 간의 총지질 지방산 조성과 비교할 때 SFA과 MUFA의 비율은 높은 반면, PUFA의 비율은 상대적으로 낮았다. 이는 간 조직의 총지질에는 인지질 이외에 유리 지방산, 콜레스테롤 에스터 및 중성지방 등이 포함되어 있어 본 실험 결과에서 총지질과 인지질의 지방산 조성에 차이가 나는 이유 중에 이를 지질의 종류에 따라 지방산 조성이 다르기 때문인 것으로 여겨진다. 간 인지질 지

Table 6. Fatty acid composition in liver lipid of rats fed experimental diets for 3 weeks (area %)

Fatty acid /group	1	2	3	4	5	6	7
14:0	2.9±0.07 ^a	3.3±0.09	3.1±0.07	3.8±0.04	3.0±0.09	3.5±0.10	4.9±0.03
16:0	26.9±0.42 ^d	24.8±0.17 ^c	24.8±0.13 ^c	22.1±0.11 ^b	23.0±0.21 ^{bc}	23.4±0.29 ^{bc}	21.3±0.28 ^a
18:0	8.4±0.32	5.0±0.11	6.2±0.14	6.3±0.12	7.6±0.17	6.6±0.14	7.9±0.13
SFA	38.2±0.57	33.1±0.32	34.1±0.54	32.2±0.44	33.6±0.34	33.5±0.24	34.1±0.15
16:1	2.7±0.22	3.8±0.12	3.2±0.11	3.3±0.13	2.2±0.11	1.0±0.01	1.1±0.09
18:1	11.2±0.28	10.2±0.23	10.3±0.18	11.4±0.18	11.3±0.09	12.5±0.13	11.6±0.14
MUFA	13.9±0.18	14.0±0.21	13.5±0.14	14.7±0.11	13.5±0.12	13.5±0.15	12.7±0.23
18:2	29.6±0.43	32.8±0.54	31.7±0.76	32.9±0.62	33.3±0.34	32.3±0.54	32.6±0.54
18:3	1.9±0.09 ^b	2.4±0.04 ^c	2.7±0.04 ^d	2.4±0.06 ^c	2.0±0.06 ^{bc}	1.4±0.09 ^a	1.5±0.11 ^{ab}
20:4	14.3±0.12 ^a	15.8±0.11 ^{ab}	15.7±0.17 ^{ab}	16.0±0.14 ^b	16.1±0.16 ^b	17.1±0.14 ^{bc}	17.5±0.19 ^c
20:5	0.2±0.01	0.2±0.01	0.4±0.06	0.4±0.01	0.5±0.01	0.4±0.01	0.6±0.04
22:5	0.6±0.02	0.2±0.01	0.3±0.01	0.2±0.01	0.3±0.01	0.2±0.01	0.1±0.01
22:6	1.3±0.09	1.5±0.03	1.6±0.07	1.2±0.03	0.7±0.06	1.6±0.05	0.9±0.02
PUFA	47.9±0.57	52.9±0.54	52.4±0.61	53.1±0.56	52.9±0.59	53.0±0.69	53.2±0.73
P/S	1.25±0.09	1.60±0.07	1.54±0.09	1.65±0.11	1.57±0.09	1.58±0.12	1.56±0.07
n-6/n-3	10.97±0.12	11.30±0.17	9.48±0.09	11.64±0.11	14.11±0.12	13.72±0.07	16.16±0.11

*Means in the same column not sharing common superscript letters are significantly different at p<0.05.

Values are expressed as Mean±SEM of six observations.

Table 7. Fatty acid composition in phospholipid fractionated from liver lipids of rats fed experimental diets for 3 weeks (area %)

Fatty acid /group	1	2	3	4	5	6	7
14:0	2.3±0.07 ^a	2.2±0.04	1.0±0.09	2.4±0.11	0.9±0.06	1.7±0.06	0.9±0.03
16:0	23.2±0.27 ^d	20.6±0.21 ^{bc}	20.2±0.24 ^b	20.1±0.24 ^b	20.1±0.34 ^b	20.9±0.45 ^c	18.5±0.15 ^a
18:0	28.8±0.21	26.3±0.51	27.1±0.21	25.7±0.28	26.4±0.29	25.2±0.27	27.4±0.24
SFA	54.3±0.57	49.1±0.52	48.3±0.64	48.2±0.54	47.4±0.46	47.8±0.44	46.8±0.56
16:1	4.5±0.17	4.1±0.11	4.2±0.13	6.7±0.09	3.1±0.04	4.8±0.14	2.4±0.11
18:1	14.4±0.25	16.4±0.21	15.3±0.22	15.0±0.14	17.2±0.11	16.7±0.11	20.5±0.24
MUFA	18.9±0.21	20.5±0.31	19.5±0.25	21.7±0.25	20.3±0.21	21.5±0.34	22.9±0.23
18:2	15.1±0.78	17.2±0.43	17.1±0.31	17.6±0.19	18.0±0.11	16.4±0.12	15.7±0.14
18:3	0.4±0.06	0.9±0.06	0.6±0.07	0.8±0.05	0.5±0.04	0.7±0.04	0.6±0.04
20:4	10.4±0.24	11.4±0.12	12.2±0.15	11.1±0.14	12.6±0.12	12.5±0.13	13.0±0.17
20:5	0.2±0.01	0.1±0.01	0.3±0.08	0.1±0.01	0.1±0.01	0.1±0.01	0.1±0.01
22:5	0.4±0.03	0.2±0.01	0.9±0.06	0.1±0.01	0.3±0.01	0.3±0.01	0.4±0.01
22:6	0.3±0.01	0.6±0.02	1.1±0.04	0.4±0.01	0.8±0.03	0.7±0.06	0.5±0.02
PUFA	26.8±0.34	30.4±0.31	32.2±0.43	30.1±0.35	32.3±0.33	30.7±0.32	30.3±0.38
P/S	0.49±0.07	0.62±0.07	0.67±0.09	0.62±0.11	0.68±0.07	0.64±0.08	0.65±0.06
n-6/n-3	19.61±0.31	15.89±0.27	10.10±0.17	20.50±0.21	18.00±0.19	16.05±0.24	17.93±0.33

*Means in the same column not sharing common superscript letters are significantly different at p<0.05.

Values are expressed as Mean±SEM of six observations.

방산 조성에서 양적으로 주된 지방산의 종류를 살펴보면 16:0, 18:0, 18:1, 18:2, 20:4 등으로 나타났으며, 간의 주요 인지질에 함유된 지방산 조성에 대해 연구한 Leikin과 Brenner[15]에 의하면 총인지질의 약 62%를 차지하는 phosphatidylcholine과 phosphatidylethanolamine의 주된 지방산으로 16:0, 18:0, 18:1, 18:2와 20:4 등이었다고 하였다. 그리고 동맥경화증 유발 가능성이 높은 것으로 알려진 16:0은 대조군에 비해 실험군인 마, 천마 분말 첨가군에서 유의성 있게 낮았는데, 이는 혈청 및 간 조직의 총지질 지방산 조성에서도 같은 감소 효과를 나타내었다. 체내에서 대부분 eicosanoids와 같은 물질로 전환되는 인지질에 함유된 PUFA 중 n-6/n-3계의 비율을 간 조직의 총지질 지방산의 비율에서 비교해 보면 간의 인지질 지방산 조성에서 n-6계 지방산의 비율이 다소 높았다.

뇌 총지질의 지방산 조성

Table 8은 뇌의 지방산 조성을 나타낸 것이다. 실험군에서 뇌 조직의 지방산 조성을 보면 SFA는 37.5~39.7%, MUFA는 16.8~18.3%, PUFA는 42.2~45.1%의 수준으로 뇌 조직

에 존재하는 지방산 중 1/3이상이 PUFA로 구성되어 있었다. 주된 지방산으로는 16:0, 18:0, 18:1, 18:2, 20:4, 22:6이었으며, 다른 조직에서와 달리 뇌 조직에서는 DHA함량의 비율이 높았다. 간 조직에서 20:4의 수준이 증가된 반면 뇌 조직에서는 DHA수준이 증가된 것은 각 조직이 보유하고 있는 지방산 조성의 특성 때문인 것으로 여겨지며, n-6/n-3계의 비율 역시 DHA의 증가로 인해 간 조직에 비해 상당히 낮았다. 혈청과 간의 지방산 조성은 식이의 지방산 조성에 의해 변화되기 쉬우나 뇌의 경우는 영향이 적다. 따라서, 뇌 조직의 n-6/n-3계 비율 수준은 식이의 지방산 조성에 크게 영향을 받지 않은 것으로 사료된다. Holman 등 [13]은 사람의 뇌지질 지방산 조성에 있어서 n-6계 PUFA의 함유비율은 식이지질 중의 18:2의 함량에 영향을 받는다고 하였지만, Bourne 등[3]은 흰쥐의 뇌에 있어 n-6계 18:2의 함유비율은 식이중의 18:2의 함유비에 따라 크게 변하지 않는다고 보고하였다.

뇌 인지질의 지방산 조성

뇌 조직 인지질의 지방산 조성은 Table 9와 같다. 뇌 인

Table 8. Fatty acid composition in brain lipid of rats fed experimental diets for 3 weeks (area %)

Fatty acid /group	1	2	3	4	5	6	7
14:0	0.1±0.01*	0.1±0.01	0.2±0.01	0.2±0.01	0.3±0.01	0.2±0.01	0.3±0.02
16:0	29.6±0.25	25.9±0.27	26.7±0.21	26.2±0.37	26.4±0.34	26.5±0.24	27.3±0.34
18:0	15.2±0.19	13.6±0.17	10.6±0.21	13.1±0.14	13.0±0.14	11.8±0.26	11.7±0.21
SFA	44.9±0.64	39.6±0.54	37.5±0.35	39.5±0.25	39.7±0.64	38.5±0.46	39.3±0.27
16:1	0.4±0.11	0.5±0.04	0.5±0.05	0.6±0.01	0.7±0.17	0.5±0.06	0.5±0.06
18:1	16.7±0.24	16.6±0.11	16.9±0.17	17.7±0.24	16.9±0.16	16.3±0.14	17.5±0.15
MUFA	17.1±0.19	17.1±0.14	17.4±0.11	18.3±0.23	17.6±0.34	16.8±0.17	18.0±0.15
18:2	16.5±0.11	19.0±0.16	20.0±0.21	18.8±0.14	18.6±0.28	19.8±0.11	19.3±0.24
18:3	0.2±0.01	0.6±0.08	1.1±0.08	0.2±0.01	0.1±0.01	1.0±0.06	0.2±0.01
20:4	10.2±0.09	11.2±0.11	11.2±0.13	10.7±0.26	11.6±0.11	11.4±0.12	10.8±0.06
20:5	0.1±0.01	0.2±0.01	0.2±0.02	0.1±0.02	0.1±0.01	0.1±0.01	0.1±0.01
22:5	0.9±0.01	0.4±0.03	0.4±0.01	0.6±0.03	0.2±0.01	0.2±0.01	0.3±0.01
22:6	10.1±0.08	11.9±0.12	12.2±0.11	11.8±0.21	12.1±0.19	12.2±0.24	12.0±0.19
PUFA	38.0±0.32	43.3±0.47	45.1±0.78	42.2±0.34	42.7±0.64	44.7±0.68	42.7±0.48
P/S	0.85±0.11	1.09±0.09	1.20±0.10	1.07±0.09	1.08±0.12	1.16±0.09	1.09±0.09
n-6/n-3	2.36±0.11	2.31±0.09	2.24±0.12	2.32±0.14	2.42±0.08	2.31±0.13	2.39±0.17

*Means in the same column not sharing common superscript letters are significantly different at p<0.05.

Values are expressed as Mean±SEM of six observations.

Table 9. Fatty acid composition in phospholipid fractionated from brain lipids of rats fed experimental diets for 3 weeks
(area %)

Fatty acid /group	1	2	3	4	5	6	7
14:0	0.4±0.02*	0.3±0.02	0.4±0.03	0.3±0.01	0.2±0.01	0.3±0.02	0.4±0.03
16:0	22.8±0.14	17.9±0.14	19.5±0.16	18.4±0.21	19.3±0.16	18.3±0.14	19.9±0.13
18:0	25.9±0.23	21.2±0.21	20.7±0.24	20.2±0.23	20.3±0.15	20.6±0.24	21.1±0.27
SFA	49.1±0.54	39.4±0.36	40.6±0.43	38.9±0.34	39.8±0.29	39.2±0.26	41.4±0.58
16:1	1.2±0.09	0.9±0.05	0.8±0.06	0.6±0.05	0.7±0.17	0.4±0.03	0.4±0.05
18:1	16.8±0.11	16.2±0.17	17.0±0.18	18.0±0.19	16.9±0.16	16.9±0.12	17.2±0.14
MUFA	18.0±0.16	17.1±0.13	17.8±0.14	18.6±0.13	17.6±0.13	17.3±0.13	17.6±0.13
18:2	16.3±0.14	18.8±0.19	19.4±0.13	19.5±0.11	19.1±0.12	18.8±0.15	19.0±0.19
18:3	0.1±0.01	2.3±0.09	1.2±0.06	1.1±0.06	1.0±0.04	0.5±0.06	1.4±0.11
20:4	7.3±0.11	9.3±0.14	8.2±0.11	8.9±0.17	8.1±0.19	8.5±0.14	8.4±0.23
20:5	0.4±0.01	2.7±0.05	1.8±0.07	0.9±0.07	2.0±0.08	1.5±0.11	1.6±0.07
22:5	0.3±0.03	1.2±0.03	0.8±0.06	0.9±0.05	0.3±0.02	0.6±0.03	0.5±0.05
22:6	8.5±0.06	9.2±0.09	10.2±0.09	11.2±0.18	12.1±0.07	13.6±0.11	10.1±0.12
PUFA	32.9±0.34	43.5±0.56	41.6±0.37	42.5±0.49	42.6±0.38	43.5±0.61	41.0±0.69
P/S	0.67±0.08	1.10±0.12	1.02±0.14	1.09±0.09	1.07±0.12	1.11±0.17	0.99±0.09
n-6/n-3	2.54±0.11	1.82±0.09	1.97±0.07	2.01±0.07	1.77±0.12	1.69±0.09	2.01±0.12

*Means in the same column not sharing common superscript letters are significantly different at p<0.05.

Values are expressed as Mean±SEM of six observations.

지질의 지방산 조성 중 PUFA에서 18:2, 20:4, 22:6이 주된 지방산이었으나 각 군간 차이는 거의 없었다. 그리고 실험군에서 20:5의 함유비율이 0.9~2.7%로 뇌 총지질 지방산 조성에서의 20:5의 함유비율보다 높게 나타났기 때문에 n-6/n-3계 비율이 뇌 총지질에서의 2.24~2.42의 수준보다 낮은 1.69~2.01로 나타났다. 그러나, 이러한 결과는 실험분말 자체의 지방산 조성의 영향은 거의 받지 않은 것으로 여겨지며, 각 군간의 유의적인 차이 또한 없었다. Simopoulos[24]는 22:6이 뇌의 구조적 지질 조성 성분으로서 그 함유비율이 가장 높으며, 식이로서 직접 섭취하거나 또는 18:3에서만 유도된다고 하였다. Clandinin[7]에 의하면 뇌 조직은 다른 조직의 지방산 조성과는 달리 n-3계 EPA 및 DHA의 비율이 높은 것이 특징이라고 보고하였고, Lamptey와 Walter[14]는 n-3계 지방산은 뇌에서 학습기능과 밀접한 관련이 있고 뇌에 있는 인지질의 상당량을 차지하고 있으며, 특히 22:6은 뇌에 있는 주요한 지방산이라고 보고한 바 있다. 그리고 뇌를 구성하고 있는 뇌지방의 10% 정도를 DHA가 차지하고 있으며 뇌회백질에서 DHA는 포스파티놀아민 등

의 인지질 형태로 들어있고, 뇌의 인지질에는 DHA가 10~30%가량 함유되어 있다는 연구[28]와 비교하여 보면 본 실험의 실험군에서 DHA양이 뇌 총지질에서는 11.8~12.2% 정도로 유사하였으나 뇌 인지질에서는 9.2~13.6%정도로 비교적 낮은 수치로 나타났기에 한번 더 확인을 위한 연구가 필요하다고 여겨진다.

요약

본 연구는 Sprague-Dawley계 흰쥐에게 마와 천마 분말을 각각 5%, 10%, 15%씩 굽여하여 3주간 실험사육한 후 혈청, 간장, 뇌 조직의 지방산 조성에 미치는 영향을 확인하고자 하였다. 혈청의 지방산 조성에서 SFA는 대조군에서 실험군에 비해 높았으며, 18:2와 20:4는 대조군에 비해 천마 첨가군인 5, 6, 7군에서 유의성있게 높았다. 혈청 인지질의 지방산 조성에서는 18:2는 대조군과 마 첨가군에 비해 천마 첨가군에서 많았으며, 18:3은 5% 마 첨가군인 2군과 5% 천마 첨가군인 5군에서 높았다. 간 총지질 지방산과 간의 인

지질 지방산 조성에서 양적으로 주된 지방산의 종류를 살펴보면 16:0, 18:0, 18:1, 18:2, 20:4 등인 것으로 나타났으며 뇌의 총지질 지방산과 뇌 인자질 지방산 조성 중에서는 16:0, 18:0, 18:1, 18:2, 20:4, 22:6이 주된 지방산이었다.

참 고 문 헌

1. Anderson, J. W., A. E. Jones and S. Riddell-Mason. 1994. Ten different dietary fibers have significantly different effects on serum and liver lipids of cholesterol-fed rats. *J. Nutr.* **124**, 78-83.
2. Bonanome A. and S. M. Grundy. 1988. Effect of dietary stearic acid on plasma cholesterol and lipoprotein levels. *N. Engl. J. Med.* **318**, 1244-1248.
3. Bourne J. N., G. Durand and G. Pascal. 1989. Brain cell and tissue recovery in rats made deficiency in n-3 fatty acid by alteration of dietary fat. *J. Nutr.* **119**, 15-22.
4. Bronsgeest-Schouten, D. C., C. M. Gent, J. B. Luten and A. Ruiter. 1981. The effect of various intakes of n-3 fatty acids on the blood lipid composition in healthy human subjects. *Am. J. Clin. Nutr.* **34**, 1752-1758.
5. Cara, L., M. Armand, P. Borel, M. Senft, H. Portugal, A. M. Pauli, M. Lafont and D. Lairon. 1992. Long-term wheat germ intake beneficially affects plasma lipids and lipoproteins in hypercholesterolemic human subjects. *J. Nutr.* **122**, 317-321.
6. Chung S. Y., J. H. Seo, P. S. Park, J. S. Kang and J. O. Kang. 1986. Influences of dietary fats and oils on concentration of lipids in serum and liver of rats on hypercholesterolemic diet. *J. Korean Soc. Food Nutr.* **15**, 75-81.
7. Clandinin M. T., J. E. Chappell, T. Heim, P. R. Swyer and G. W. Chance. 1981. Ratty acid utilization in perinatal de novo synthesis of tissues. *Early Hum. Dev.* **5**, 355-366.
8. Folch J., M. S. Less and G. H. Stanely. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue. *J. Biol. Chem.* **226**, 497-509.
9. Grande F., J. T. Anderson and A. Keys. 1970. Comparkson of effects of palmitic acid and stearic acid in the diet on serum cholesterol in man. *Am. J. Clin. Nutr.* **23**, 1184-1193.
10. Gunstone D., J. Frank, L. Harwood and F.B. Padley. eds. 1986. *The Lipid Handbook*. Chapman and Hall Ltd., London.
11. Gurr M. J. and J. L. Harwood. eds. 1991. *Lipid Biochemistry*. pp. 406, Chapman and Hall Ltd, Lodon.
12. Han Y. N., S. H. Hahn and I. R. Lee. 1990. Purification of Mucilages from *Discorea batatas* and *D. Japonica* and their Content Analysis. *Kor. J. Pharmacogn.* **21**, 274-283.
13. Holman R. T., S. B. Johnson and T. F. Hatch. 1982. A case of human linoleic acid deficiency involving neurological abnormalities. *Am. J. Clin. Nutr.* **35**, 617-623.
14. Lamptey M. S., and B. L. Walter. 1976. A possible essential role for dietary linolenic acid in the development of the young rat. *J. Nutr.* **106**, 86-94.
15. Leikin A. I., and R. R. Brenner. 1987. Cholesterol-induced microsomal changes modulate desaturase activities. *Biochim. Biophys. Acta* **922**, 294-303.
16. Liu J. and A. Mori. 1993. Antioxidant and pro-oxidant activities of p-hydroxybenzyl alcohol and vanillin effects on free radicals brain peroxidant ion and degradation of benzylidene deoxyribose amino acid and DNA. *Nueropharmacology* **32**, 659-664.
17. Lowe G. D. O. 1992. Blood viscosity lipoproteins and cardiovascular risk, *Circulation* **85**, 2329-2333.
18. Martin, N. 1992. Experimental cardiovascular depressant effect of garlic dialysate. *J. Ethnopharmacol.* **37**, 145-150.
19. Morimoto M., R. C. Reitz, R. J. Morin, K. Nguyen and S. W. French. 1995. CYP-2E1 inhibitors partially ameliorate the changes in hepatic fatty acid composition induced in rats by chronic administration of ethanol and a high fat diet. *J. Nutr.* **125**, 2953-2964.
20. Paquot C. and A. Hautsenne. 1982 Standards methods for the analysis of oils, fats and derivatives. *Blackwell Scientific Publication Ltd.*
21. Parrish C. C., D. A. Pathy, J. G. Parkes and A. Angel. 1991. Dietary fish oils modify adipocytes structure and function. *J. Cell Physiol.* **148**, 493-502.
22. Sander K., L. Johnson, K. Odea and A. J. Sinclair. 1994. The effect of dietary fat level and quality on plasma lipoprotein lipids and plasma fatty acids in normocholesterolemic subjects. *Lipids* **29**, 123-133.
23. Sander T. A. B. and A. Hinds. 1992. The influence of a fish oil high in docosahexaenic acid on plasma lipoprotein and vitamin E concentration and haemostatic function in healthy male volunteers. *Br. J. Nutr.* **68**, 163-173.
24. Simopoulos A. P. 1991. Omega-3 fatty acid in health

- and disease and in growth and development. *Am. J. Clin. Nutr.* **54**, 438-446.
25. Steel R. G. D. and J. H. Torrie. 1980. *Principles and procedures of statistics*. McGraw-Hill Book Co., New York, 1.
26. Taguchi H., I. Yosioka, K. Yamasaki and I. H. Kim. 1981. Studies on the constituents of *Gastrodia elata*. *Pharm. Bull.* **29**, 55-58.
27. Tikita T., K. Nakamura, T. Hayakawa, A. Fukutomi and S. Innami. 1989. Effects of dietary fat with different n-3 PUFA and n-6 PUFA on lipid metabolism in rats. *Jpn. J. Nutr.* **47**, 141-147.
28. 박병성, 황보종. 1988. 오메가 지방산, 효일문화사, pp. 77-106
29. 윤국영, 장준근. 1989. 健康에 좋은 山野草, 錫吳出版社, p.334.
30. 허준. 1991. 東醫寶鑑, 南山堂, p. 367.

(Received December 6, 2000; Accepted January 12, 2001)