

산초유의 지방산 조성과 마우스 혈청 및 간장의 지방산 조성변화

차재영 · 신승렬* · 조영수

동아대학교 생명자원과학부 생물공학전공, *경산대학교 생명자원공학부

Fatty Acid Composition of Serum and Liver in Mice and Sancho (*Zanthoxylum schinifolium*) Seed Oil

Jae-Young Cha, Seung-Ryeul Shin* and Young-Su Cho

Division of Biotechnology, Faculty of Natural Resources and Life Science, Dong-A University,
*Faculty of Life Resource and Engineering, Kyungsan University

Abstract

The major fatty acids in the *Zanthoxylum schinifolium* seed oil were eicosenoic acid 30.88%, oleic acid 29.94%, linoleic acid 23.55% and palmitic acid 10.52%. Fatty acid profiles in the each lipid fractions by TLC of the *Z. schinifolium* seed oil showed the highest composition of eicosenoic acid in triglyceride fraction and oleic acid in other fractions. Mice (ddY male strain) being starved for 24 hr were injected into gastric directly 500 mg of the *Z. schinifolium* seed oil, and then blood samples were obtained 0, 3 and 6 hr after dosing. In our results, eicosenoic acid appeared to be significantly increased in the serum obtained from 3 and 6 hr after injection of the *Z. schinifolium* seed oil. In the control mice, however, the serum samples did not exhibited any change of the *Z. schinifolium* seed oil. Interestingly, eicosenoic acid was significantly increased in the liver of 6 hr mice after injection. In conclusion, eicosenoic acid was the major fatty acid in the *Z. schinifolium* seed oil, and this fatty acid was significantly increased in the serum obtained 3 and 6 hr after injection in mice.

Key words : *Zanthoxylum schinifolium*, eicosenoic acid, mice, fatty acid

서 론

산초는 한국을 비롯하여 중국, 일본 등 동북아시아의 산야에 널리 자생하고 있는 운향과(*Rataceae*)의 산초나무(*Zanthoxylum*)에 속하는 낙엽관목으로 4월에 꽃이 피어 열매가 성숙되며 삭과는 녹색이고 길이는 4 mm 정도이며 흑색종자가 들어 있다. 이 종자속에는 정유성분과 유지가 함유되어 있어서 동북아시아에서는 오래된 전통향신료 및 제용용으로 널리 사용되어 왔다

(1). 또한, 산초는 방향성 건위, 소염, 이뇨, 구충제로서 사용되고 위장을 자극하여 신진대사를 촉진시키는 등 약용으로 널리 이용되어 왔다(2). 그 이외에도 예로부터 해독 살충제를 비롯한 치통, 신경통, 저혈압, 냉증, 담석증, 요로결석, 지사제, 감기, 진해제, 중풍치료, 항산화효과에 이르기까지 그 용도가 다양하다(1-3).

한편, Fish 등(4)은 아프리카 산초종(*Fagara species*)으로부터 박층 크로마토그래피와 전기영동법에 의하여 제 4급 염기와 유사한 혼합물을 규명하였으며, Aburano 등(5)은 초피의 종자 및 과피에서 oleic acid, palmitic acid, linoleic acid 등의 지방산이 검출되었다고 보고하였다. Ko 등(6)은 한국산 산초와 초피의 화학성분에 대하여 연구하였으며, Mun 등(7)은 산초 및 그 활성성분이 사염화탄소를 투여한 마우스에 있어서 지질과산화

Corresponding author : Young-Su Cho, Faculty of Natural Resources and Life Science, Dong-A University, Hadan-2-dong Sahagu, Pusan 604-714, Korea
E-mail : choys@mail.donga.ac.kr

및 간손상 억제에 미치는 영향에 대하여 보고한 바 있다.

본 연구에서는 한국 산야에 자생하고 있는 야생 식량자원으로서의 활용가치가 있을 것으로 판단되는 산초의 영양학적 가치 평가의 일환으로 산초유의 구성지방산을 분석하였다. 또한 산초유를 마우스에 경구투여한 후 흡수된 지방산의 변화 양상을 알아보기 위하여 경시적으로 혈청 및 간장 지질층의 지방산 조성을 gas chromatography로 분석하였다.

재료 및 방법

재료

실험 재료로 사용한 산초 종실은 1999년 10월 초순경 경상북도 청도군의 야산에서 직접 채취하여 박피하고 엄격히 선별하여 계유소에서 계유한 후 지방산 분석 및 동물실험에 제공하였다.

지방산 분석

산초유의 각 지질분획의 지방산 분석은 전보의 방법(8)에 따라 thin layer chromatography (TLC)로 분리 후 각각의 지질획분을 분획하여 염산메탄올(1:5, v/v)로 80°C에서 3시간 동안 메틸화시켰다. 이렇게 하여 얻어진 지방산 methylester의 분석에는 GC-17A gas chromatography (Shimadzu, Kyoto, Japan)로 capillary column(Omega wax 320, Supelco 30m×0.25μm)을 사용하였고, carrier gas는 He gas, column 온도 180°C, oven 온도 250°C, FID detector로 온도 260°C 조건에서 분석하였다.

동물실험

6주령의 20 g 전후의 ddY계 마우스 수컷을 구입하여 일반 시판 chow 식이로 23±2°C, 명암주기 12시간으로 설정된 동물사육실에서 케이지당 6마리씩 분배하여 본 실험 전까지 음료와 식이를 자유급여 시켰다. 이렇게 사육시킨 마우스를 본 실험전 24시간 동안 절식시킨 후 산초유를 마우스 1마리당 500 mg씩 주사기로 직접 투여 시킨 후, 투여시키기 직전(6 마리), 투여 3시간(6 마리) 및 6시간(6 마리) 후에 diethyl ether 가볍게 마취시킨후 개복하여 심장에서 채혈하여 얻어진 혈청을 지방산 분석에 사용하였다. 동시에 간장을 분리하여 생리 식염수로 깨끗이 세척한 후 Folch 등(9)의 방법으로 총 지질을 추출하여 지방산 분석에 사용하였다.

통계처리

실험으로부터 얻어진 결과는 one-way ANOVA에 의한 평균치와 표준오차(mean±S.E.)로 표시하였으며,

각 실험 군간의 유의성 검정은 Duncan's multiple range test로 통계처리 하였다(10).

결과 및 고찰

산초유의 지방산 조성

산초유의 전지질과 각 지질을 분획하여 얻은 triglyceride, diglyceride, 인지질, 유리 콜레스테롤 및 유리 지방산 분획의 지방산 조성을 Table 1에 나타내었다. 산초유의 전지질을 구성하고 있는 지방산은 특이하게도 eicosenoic acid(20:1, n-9)가 30.88%로 가장 많이 함유되었고, 그 다음으로 oleic acid(18:1, n-9) 29.94%, linoleic acid(18:2, n-6) 23.55%, palmitic acid(16:0) 10.52%로 4종류가 산초유를 구성하는 대표적인 지방산으로 판단되었다. 한편, Mnzava와 Olsson(11)은 겨자종실의 지방산 조성에서 eicosenoic acid가 전체 지방산의 8.5%를 차지한다고 보고하였으며, Al-Khatib 등(12)은 마늘의 지방산 조성에서 6.6%가 eicosenoic acid로 보고하였고, taramira의 지방산조성 중 12.2%가 eicosenoic acid로 판명되었고(13), 식용유로서 많이 이용되고 있는 채종유의 지방산 조성에서도 9.1%가 eicosenoic acid로 판명되었다. 지금까지 밝혀진 종실종의 지방산 조성과 비교할 때 산초유에서 eicosenoic acid가 2배 이상 함유되어 있는 것이 특이하였다. 그러나 Ko와 Han(6)은 산초씨와 초피씨의 지방산 조성을 HPLC로 분석한 결과 oleic acid가 각각 51.9% 및 51.2%를 차지하였다고 보고하였으나, eicosenoic acid는 함유되어 있지 않은 것으로 보고하였다. 또한 Yoon 등(14)의 보고에서는 민산초 종자종의 지방산 조성을 보면 oleic acid가 34.8%로 함유되어 본 실험의 결과와 비슷한 경향을 나타내었다.

Table 1. Fatty acid compositions of *Z. schinifolium* seed oil (%)

Fatty Acid	Total Lipid	Triglyceride	Diglyceride	Phospholipid	Free Cholesterol	Free Fatty Acid
14:0	0.08	0.10	0.22	0.83	0.48	0.97
16:0	10.52	8.77	16.02	26.86	17.24	20.88
16:1 n-9	2.01	1.36	3.95	1.69	3.06	0.32
18:0	0.87	0.92	0.86	1.84	0.97	2.91
18:1 n-9	29.94	20.81	53.58	37.75	47.62	34.32
18:2 n-6	23.55	25.85	19.27	11.22	18.82	15.69
20:0	0.08	0.09	nd	nd	nd	nd
20:1 n-9	30.88	41.26	5.38	8.41	10.06	19.96
20:4 n-6	0.10	nd	0.08	2.90	0.50	2.05
22:0	0.02	nd	nd	3.17	nd	nd

Values given as percentage of total fatty acid. Other minor fatty acids are omitted from the table. n.d.: not detected.

한편, 산초유를 분획하여 얻은 각 지질 분획중에서는 eicosenoic acid가 triglyceride 분획에서 41.26%로 가장 높게 나타났으며, 유리지방산 분획 19.96%, 유리 콜레스테롤 분획 10.06%, 인지질 분획 8.41% 및 diglyceride 분획 5.38% 순으로 나타나 모든 지질분획에 분포하고 있었다. 동일한 n-9 계열인 oleic acid의 경우는 diglyceride 분획 53.58%, 유리 콜레스테롤 분획 47.62%, 인지질 분획 37.75%, 유리지방산 분획 34.32% 및 triglyceride 분획 20.81% 순으로 나타났다. 따라서 산초유에는 n-9 계열 일가불포화지방산 eicosenoic acid와 oleic acid가 60% 이상을 차지하여 주성분을 이루었으며, 일반적으로 linoleic acid의 구성비율이 높은 다른 종실유와는 다른 특성을 나타내었다(15,16).

혈청 지질의 지방산 조성

마우스를 24시간 절식시킨 후 산초유 투여전 및 한 마리당 500 mg을 강제로 경구투여 한 후 3시간 및 6시간 후의 혈청 전지질 중의 지방산 조성 변화를 경시적으로 Table 2에 나타내었다. 산초유에 다량 함유되어 있는 eicosenoic acid는 산초유 투여전 마우스 혈청 지질 내에서는 전혀 검출되지 않았으나, 투여 3시간 후에는 5.75%로 나타났고, 투여 6시간 후에는 10.78%로 유의적으로 경시적인 증가를 보였다. 이러한 변화를 가스 크로마토그램으로 표시한 것이 Fig. 1이다. 특히 Fig. 1에서 산초유 투여전 마우스의 혈청 전지질 중의 지방산 조성에서는 eicosenoic acid의 존재가 확인되지 않았고, 산초유 투여 3시간 및 6시간 후에는 확실히 확인되었으며 경시적으로 유의적인 차이를 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 단일지방산을 경구 투여한 동물실험계에서도 각 지질분획 중의 지방산 조성이 투여 지방산의 영향을 크게 받았다는 결과가 다수 보고되어 본 연구의 결과를 지지해 주고있다(17,18).

또한 oleic acid는 산초유 투여전 마우스의 혈청 전지질 중에서는 13.61% 였으나, 산초유 투여 3시간 후에는 21.91%로 유의적인 증가를 보였고, 6시간 후에는 16.69%로 증가가 다소 둔화되었다. 이러한 결과는 마우스에 산초유 투여에 의해 식이중의 oleic acid가 지방산 쇄연장 반응에 의해 eicosenoic acid로 전환되는 지방산 대사계가 관여한 것으로 생각되어진다. Brouwres 등(19)의 보고에 의해서도 성숙한 *Schistosoma mansoni*에서 지방산 쇄연장 반응에 의해서 oleic acid로부터 eicosenoic acid로 쉽게 전환되는 것으로 나타나 있다. 한편, 마우스 혈청 중의 주요 구성지방산인 palmitic acid, stearic acid 및 linoleic acid는 산초유 투여전 마우스에 비해서 산초유 투여 3시간 후에는 유의적으로 감소하였으나, 6시간 후에는 이러한 감소경향이 다소 둔화되는 경향을 나타

내었다. 이러한 결과로부터 마우스의 절식상태에서는 섭취지방산이 필요에 따라서 어떤 경로를 통하여 합성 내지는 에너지원으로 이용되어지는 것으로 추측된다.

Table 2. Fatty acid compositions of serum total lipid in mice by injection with *Z. schinifolium* seed oil (%)

Fatty Acid	0 hr	3 hr	6 hr
12 : 0	0.08±0.01	0.14±0.21	0.13±0.03
14 : 0	0.27±0.01 ^b	0.02±0.00 ^a	0.03±0.01 ^a
16 : 0	25.64±0.46 ^c	16.92±0.43 ^a	20.78±0.90 ^b
16 : 1 n-9	0.93±0.01	1.15±0.35	1.62±0.31
18 : 0	8.51±0.10 ^f	5.63±0.01 ^a	6.67±0.06 ^b
18 : 1 n-9	13.61±0.23 ^a	21.91±0.06 ^c	16.69±0.20 ^b
18 : 2 n-6	35.56±0.59 ^c	25.46±0.05 ^a	32.44±0.21 ^b
18 : 3 n-6	0.07±0.00	0.07±0.00	0.09±0.02
20 : 1 n-9	n.d. ^a	5.75±0.23 ^b	10.78±0.07 ^c
22 : 0	8.98±0.10 ^f	13.07±0.05 ^c	8.06±0.18 ^b

Values given as percentage of total fatty acid as mean ± SEM of six mice for each group. Values not sharing the same letter are significantly different at p < 0.05. Other minor fatty acids are omitted from the table. n.d. : not detected.

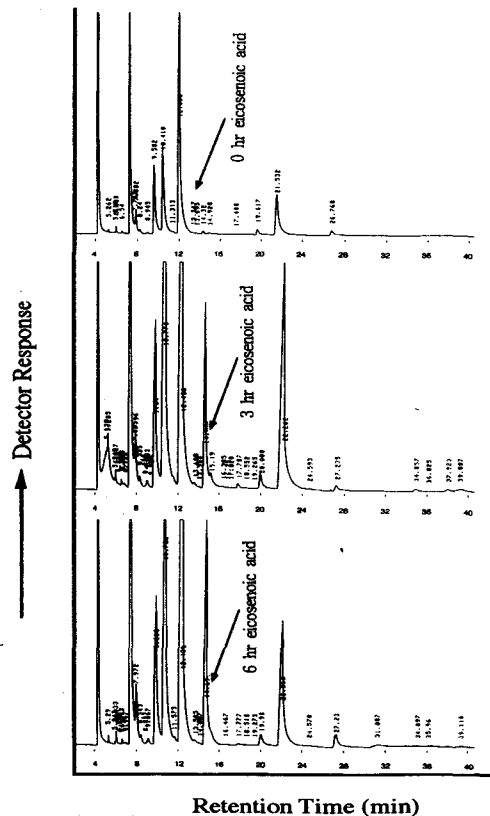


Fig. 1. GC chromatograms of fatty acid in serum lipid of mice by injection with *Zanthoxylum schinifolium* seed oil.

간장 지질의 지방산 조성

산초유 투여 마우스의 간장 전지질의 지방산 조성 변화를 경시적으로 나타낸 결과는 Table 3과 같다. eicosenoic acid는 혈청 전지질의 지방산 조성과는 달리 미량이지만 산초유 투여전에도 간장에 함유되어 있었으며, 산초유 투여 6시간 후에는 유의적으로 증가하였다. 이러한 결과는 eicosenoic acid의 조성변화가 혈중에서 보다 간장에서 다소 늦게 나타나는 것을 의미하고, 식이지방의 영향이 반영된 것으로 생각되어진다. 한편, 간장 전지질 중의 oleic acid는 산초유 투여전과 비교하여 투여 3시간 후에는 유의적으로 감소하였으나 6시간 후에는 유의적으로 증가하였다. 이상의 결과에서 oleic acid와 eicosenoic acid의 변화양상은 혈청과 간장에서 서로 다르다는 것을 보여주고 있다.

Table 3. Fatty acid compositions of liver total lipid in mice by injection with *Z. schinifolium* seed oil (%)

Faty Acid	0 hr	3 hr	6 hr
14 : 0	0.52±0.00 ^f	0.10±0.01 ^a	0.27±0.01 ^b
14 : 1	0.28±0.01 ^c	0.07±0.01 ^a	0.13±0.01 ^b
16 : 0	23.64±0.12 ^{ab}	22.21±0.08 ^b	25.55±0.75 ^b
16 : 1 n-9	4.97±0.08 ^c	0.17±0.06 ^a	4.37±0.10 ^b
18 : 0	6.04±0.05 ^a	12.81±0.26 ^b	5.57±0.13 ^a
18 : 1 n-9	22.15±0.50 ^b	15.34±0.60 ^a	26.57±0.30 ^f
18 : 2 n-6	27.19±0.22 ^c	16.93±0.16 ^b	24.49±0.52 ^b
20 : 1 n-9	0.55±0.00 ^d	0.49±0.01 ^a	1.02±0.06 ^b
22 : 0	5.46±0.06 ^a	21.12±0.71 ^c	4.82±0.33 ^b

Values given as percentage of total fatty acid as mean ± SEM of six mice for each group. Values not sharing the same letter are significantly different at p < 0.05.

이상의 결과로부터, 산초유에는 일반 종실유와는 달리 n-9 계열의 일가불포화지방산인 eicosenoic acid와 oleic acid가 많이 함유되어 있으며, 마우스의 혈청 및 간장 전지질 중의 지방산 조성의 변화도 경구투여 원료유 지방산 조성의 영향을 받는 것으로 사료된다.

요 약

산초유 전지질 분획에서 주요 구성지방산 조성은 eicosenoic acid 30.88%, linoleic acid 23.4%, oleic acid 19.94%, palmitic acid 10.52% 순으로 나타났으며, n-9 계열 일가불포화지방산이 약 60% 이상을 차지하였다. 또한 산초유의 각 지질분획의 구성지방산 조성에서는, triglyceride 분획에서 eicosenoic acid가 41.16%로 가장 높았고, 나머지 분획들에서는 oleic acid가 34.32~

53.58%로 높게 나타났다. 마우스를 24시간 절식시킨 상태에서 산초유를 마리당 500 mg씩 강제 경구투여 한 후 혈청 및 간장 전지질의 지방산 조성을 투여전, 투여 3시간 및 6시간 후의 경시적인 변화를 관찰한 결과, 혈청 전지질 중의 eicosenoic acid가 투여 전에는 존재가 확인되지 않았으나, 투여 3시간 및 6시간 후에는 경시적으로 유의적인 증가를 보였다. 간장에서도 산초유 투여 6시간 후에 eicosenoic acid의 유의적인 증가가 나타났다. 따라서, 혈청 및 간장 전지질 중의 eicosenoic acid의 증가는 산초 원료유의 섭취 영향과 지방질 대사과정에서 oleic acid로부터의 전환이 시사되어진다. 이상의 결과로부터, 산초유에는 일반 종실유와는 달리 n-9 계열 일가불포화지방산인 eicosenoic acid와 oleic acid가 많이 함유되어 있으며, 마우스의 혈청 및 간장 전지질 중의 지방산 조성의 변화는 경구투여 한 원료유 지방산 섭취의 영향을 받는 것으로 시사되어졌다.

참고문헌

1. Lee, S.W. (1979) Search of Korea tradition food. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 12, 52-57
2. Lee, S.J. (1966) Korean folk medicine monographs series, No. 3, Publishing Center of Seoul National Univ., 88-93
3. Mun, S.I., Ryu, H.S., Lee, H.J. and Choi, J.S. (1994) Further screening for antioxidative activities of vegetable plants and its active principle from *Zanthoxylum schinifolium*. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 23, 466-471
4. Fish, F. and Waterman, P.G. (1972) Methanol-soluble quaternary alkaloids from African *Fagara* species. *Phytochem.*, 11, 3007-3011
5. Aburano, S., Kurono, G., Morimoto, M. and Nishikawa, Y. (1972) Studies on fatty acids from fruit and seed oils. III. The fatty acid composition of some species of Rutaceae plants. (I), *Yakugaku Zasshi*, 92, 1298-1302
6. Ko, Y.S. and Han H.J. (1996) Chemical constituents of Korean chopi(*Zanthoxylum piperitum*) and sancho (*Zanthoxylum schinifolium*). *Korean J. Food Sci. Technol.*, 28, 19-27
7. Mun, S.I., Ryu, H.S. and Choi, J.S. (1997) Inhibition effects of *Zanthoxylum schinifolium* and its active

- principle on lipid peroxidation and liver damage in carbon tetrachloride-treated mice. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **26**, 943-951
8. Cho, Y.S., Kim, S.H. and Cha, J.Y. (1996) Effect of ingested orotic acid on serum, liver and kidney lipid concentration in rats. *Agri. Chem. Biotechnol.*, **39**, 206-211
 9. Folch, J., Lees, M. and Sloane-Starley, G.H. (1957) A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.*, **226**, 497-509
 10. Duncan, D.B. (1959) Multiple range and multiple F tests. *Biometrics*, **1**, 1-42
 11. Mnzava, N.A. and Olsson, K. (1990) Technical note: Studies on tropical vegetable. Part 1: seed amino, fatty acid and glucosinolate profile of Ethiopian mustards(*Brassica carinata Braun*). *Food Chem.*, **35**, 229-234
 12. Al-Khatib, I.M.H., Moursi, S.A.H., Mehdi, A.W.R. and Ai-Shabibi, M.M. (1987) Gas-liquid chromatographic determination of fatty acids and sterols of selected Iraqi foods. *J. Food Comp. Anal.*, **1**, 59-66
 13. Flanders, A. and Abdulkarim, S.M. (1985) The composition of seed oil of taramira. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **62**, 1134-1140
 14. Yoon, H.K. and Kim, C.M. (1976) Analytical studies on the composition of oil *Xanthoxylum schinifolium* var. *inermis* Nakai (I). *Chungnam Univ. Bull. Agr. & Technol.*, **3**, 170-175
 15. Cha, J.Y., Kim, S.K., Kim, H.J., Song, J.Y. and Cho, Y.S. (2000) Chemical compositions and antioxidative activity of leek(*Allium tuberosum*) seeds. *Korean J. Life Sci.*, **10**, 273-278
 16. Kim, S.K., Cha, J.Y., Jeong, S.J., Chung, C.H., Choi, Y.L. and Cho, Y.S. (2000) Properties of the chemical composition of safflower(*Carthamus tinctorius*) sprout. *Korean J. Life Sci.*, **10**, 68-73
 17. Cha, J.Y., Kim, K.S. and Cho, Y.S. (1998) Change of fatty acid compositions during hepatic triacylglycerol accumulation in dietary orotic acid-induced fatty liver. *Korean J. Food Nutr.*, **11**, 542-549
 18. Cha, J.Y. and Cho, Y.S. (1999) Effects of α -linolenic, eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids on the content and fatty acid composition of brain phospholipid in rats. *Agric. Chem. Biotechnol.* **42**, 75-80
 19. Brouwres, J.F., Smeenk, I.M., van Golde, L.M. and Tielens, A.G. (1997) The incorporation, modification and turnover of fatty acids in adult *Schistosoma mansoni*. *Mol. Biochem. Parasitol.* **88**, 175-185

(접수 2000년 6월 20일)