

## 흰쥐에서 녹차추출물의 트랜스 지방 소장 흡수 억제 작용

김주연 · 노상규<sup>†</sup>

국립창원대학교 식품영양학과

## Green Tea Extract Decreases the Lymphatic Absorption of *Trans* Fat in Rats

Juyeon Kim and Sang K. Noh<sup>†</sup>

Dept. of Food and Nutrition, Changwon National University, Gyeongnam 641-773, Korea

### Abstract

Excessive intake of *trans* fats is known to be a risk factor for cardiovascular diseases. Previously, we have shown that green tea extract (GTE) lowers the intestinal absorption of lipids and lipid-soluble compounds in rats. This study was conducted to investigate a possible role of GTE on the lymphatic absorption of elaidic acid, a major *trans* fat in the diet. Adult male Sprague-Dawley rats with lymph duct cannula were infused via an intraduodenal catheter at 3.0 mL/hr for 8 hr with a lipid emulsion containing 180.0  $\mu$ mol elaidic acid, 400.0  $\mu$ mol triolein, 20.7  $\mu$ mol cholesterol, 3.1  $\mu$ mol  $\alpha$ -tocopherol, and 396.0  $\mu$ mol sodium-taurocholate with or without (control) GTE in a 24 mL PBS buffer (pH, 6.4). Simultaneously, lymph was collected hourly for 8 hr via the lymph duct cannula. There was a significant difference in lymph flow by GTE. Also, the lymphatic absorption of elaidic acid for 8 hr was significantly lower in rats infused with GTE than in those not infused with GTE. Similarly, GTE infusion decreased the lymphatic outputs of cholesterol, oleic acid, and phospholipids, compared with the controls. These findings provide clear evidence that GTE has an inhibitory effect on the intestinal absorption of elaidic acid and other lipids. Our work here provides the foundation for further studies to examine and evaluate dietary strategies to ameliorate dietary *trans* fats from the diet.

**Key words:** elaidic acid, green tea, intestinal absorption, rats, *trans* fat

### 서 론

트랜스 지방의 과다섭취는 심혈관질환의 위험인자이다. 섭취량이 2% 증가할 때마다 심혈관질환 발생률이 약 23% 증가하는 것으로 알려져 있다(1).

Elaidic acid(*trans*-C18:1 $\Delta$ 9)는 대표적인 트랜스 지방이며 올레산(*cis*-C18:1 $\Delta$ 9)과 같이 단일 불포화지방산으로 화학적 조성(C<sub>18</sub>H<sub>34</sub>O<sub>2</sub>)은 같으나 공간 구조는 올레산과 달리 트랜스 이중결합으로 포화지방산과 유사한 물리화학적 성질을 가져 높은 융점(45°C)과 경직된 구조를 가진다. 이러한 이유로 트랜스 지방 과다 섭취는 콜레스테롤 운반단백질(cholesterol ester transfer protein)을 활성화시켜 혈액의 HDL 콜레스테롤을 낮추고 LDL 콜레스테롤과 중성지질을 증가시키는 것으로 알려져 있다(2-4). 뿐만 아니라 C-reactive 단백질과 interleukin-6의 수치도 증가시켜 염증성 심혈관계 질환을 악화시키기도 한다(5). 전 세계적인 규제 추세에도 불구하고 여전히 상당량 섭취되고 있는 것으로 조사된다(6).

녹차는 전 세계적으로 가장 많이 소비되는 대중음료다. 동맥나무과 차나무(*Camellia sinensis*)의 잎을 증기 및 볶음

가공을 하면 폴리페놀의 산화 및 변형을 유발하는 산화효소(polyphenol oxidase)의 활성이 제거된다(7). 이러한 이유로 녹차는 비교적 많은 양의 (-)-epigallocatechin gallate (EGCG), (-)-epigallocatechin(EGC), (-)-epicatechin gallate(ECG)와 (-)-epicatechin(EC) 등을 함유한다. 이들 폴리페놀은 혈액의 지질 농도뿐만 아니라 다양한 심혈관질환의 증상을 완화시키는데 효과적인 것으로 보고된다(7-10). 지방대사와 관련하여 소장에서 녹차를 이용한 지방 및 지용성 성분의 흡수 억제 연구도 활발하다(10-16). 특히, 지방의 소화 및 흡수과정의 필수단계인 지방의 유화(emulsification), 효소적 분해(digestion), 마이셀(micelle) 형성 과정 등을 억제하여 소장 흡수 과정 전반에 영향을 미쳐 이로 인한 혈액의 주요 지방이 감소되는 것으로 알려져 있다(10). 그러나 아직까지 녹차가 트랜스 지방의 소장 흡수에 미치는 영향에 관한 연구는 아직 보고된 바 없다. 일반적으로 지방 및 지용성 성분은 소장 내에서 효소적으로 분해되어 흡수 과정을 따르는데, 특히 콜레스테롤이나 중성지방은 담즙산과 췌장성 지방분해효소들의 도움을 받아 분해된 후 마이셀 운반체를 통하여 소장세포로 접근, 소장세포 내에서 재합성 과정을

<sup>†</sup>Corresponding author. E-mail: sknolog@changwon.ac.kr  
Phone: 82-55-213-3516, Fax: 82-55-281-7480

거처 림프순환계로 유입된다(17).

그래서 본 연구에서는 녹차추출물이 대표적인 트랜스 지방산인 elaidic acid의 소장 흡수에 어떤 영향을 미치는지를 알아보려고 하였다. 이 소장 흡수 연구에 사용된 흰쥐의 소장지방흡수모델(lymph duct cannulated rat model)은 위장관(gastrointestinal tract 흡수계의 위장, 담관, 췌장, 소장) 및 소장 림프순환계(intestinal lymphatic circulation) 등이 손상이 없는 상태에서 미세수술법으로 소장 림프관에 삽입된 림프채취관(lymph duct cannula)을 통하여 8시간 동안 지속적으로 지방의 소장 흡수율을 측정하는 생체 모델이다. 십이지장 주입관으로 elaidic acid가 든 지질유화액을 이와 비교해서 녹차추출물이 추가적으로 포함된 지질유화액을 각각 8시간 동안 투여하고, 동시에 8시간 동안 시간대 별로 림프채취관으로 분비되는 elaidic acid의 흡수율(또는 분비율)을 측정하여 녹차에 의한 영향을 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 식이 및 실험동물

사육용 식이는 분말형 AIN-93G이며 단백질 함량은 egg white로 조정하였고 지방원으로 정제두유, 탄수화물원으로 dextrose와 cellulose를 사용하였다(18,19). 실험동물은 8주령의 수컷 Sprague-Dawley 흰쥐(Harlan Sprague Dawley Inc., (주)중앙실험동물, Seoul, Korea)이며 창원대학교 식품영양학과 동물사육실에서 항온항습(상대온도  $22 \pm 2^\circ\text{C}$ , 상대습도  $55 \pm 5\%$ ) 및 12시간 간격의 명암주기 환경의 개별 케이지에 자동 급수와 무제한 식이공급 조건하에서 약 2주간 사육하였다. 흡수 실험에 사용된 동물의 평균 체중은 약 300 g이었다.

### 녹차추출물의 catechin 분석

녹차추출물은 12.0 g 가루 녹차(*Camellia sinensis*; (주)태평양, Suwon, Korea)를  $95^\circ\text{C}$ 의 200 mL 증류수로 5분간 추출하여 얻었다(16). 녹차추출물의 catechin은 녹차추출물을 10배로 희석한 후 50  $\mu\text{L}$ 를 HPLC로 분석하였다. HPLC 장치는 Beckman System Gold software(Beckman Instruments, Fullerton, CA, USA)이었고 사용된 칼럼은 Alltima C18(5.0  $\mu\text{m}$ ,  $4.6 \times 150$  mm, Alltech Associates Inc., Deerfield, IL, USA)이었다. 이동상으로 water : acetonitrile : trifluoroacetic acid(83:17:0.05, v/v/v)를 이용하여 1 mL/min 속도로 UV 210 nm에서 분석하였다(12,15,20). 이 조건에서 얻은 주요 catechin 양(mg/24 mL)은 EGCG가  $9.5 \pm 0.0$  mg, EGC가  $13.4 \pm 0.0$  mg, EG가  $3.5 \pm 0.0$  mg, 그리고 ECG가  $1.8 \pm 0.0$  mg으로 이번 실험 추출조건에서 24 mL 녹차추출물에 포함된 총 catechin 함량은 약 28.2 mg으로 나타났다.

### 림프관 우회 수술

수술 전 흰쥐는 약 16시간 절식하였고 5마리씩 두 동물군

으로 나누어 림프관우회수술(mesenteric lymph duct cannulation surgery)을 실시하였다(15). 마취는 Isoflurane 마취기(SHEI, Royal Medical Co., LTD., Seoul, Korea; 2.0% isoflurane in 1.8 L oxygen/min)로 수술 내내 유지되었고 림프채취관(vinyl tubing; I.D. 0.5 mm, O.D. 0.8 mm, SV 31 tubing; Dural Plastics, Auburn, Australia)은 소장의 림프순환관(mesenteric lymph duct)에 미세수술로 고정된 후 우측 옆구리로 배관하였다. 이어서 지질유화액을 위장을 경유하여 십이지장으로 주입할 목적으로 십이지장주입관(intra-duodenal tubing; I.D. 1.02 mm, O.D. 2.1 mm, SILASTIC®, Dow Corning Corporation, Midland, MI, USA)을 십이지장 상층부 2~3 cm에 고정된 후, 우측 옆구리로 배관하였다. 봉합처리(4~0 Silk, 50 cm; AILEE Co., LTD, Busan, Korea)된 각 실험동물들은  $30^\circ\text{C}$ 로 유지된 회복 장치에서 회복하였고 이 기간 동안 5% 포도당이 든 PBS 용액(6.8 mmol/L  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ , 16.5 mmol/L  $\text{NaH}_2\text{OP}_4$ , 115.0 mmol/L NaCl, 5.0 mmol/L KCl, pH 6.4)을 자동펌프장치(syringe pump, NE-1600, New Era Pump Systems Inc., Farmingdale, NY, USA)를 이용 시간당 3 mL씩 다음날 흡수 실험 전까지 계속 해서 공급하였다.

### 지질유화액과 림프 시료 채취

지질유화액은 Table 1에서와 같이, 180.0  $\mu\text{mol}$  elaidic acid (Nu-Chek Prep, Inc., Elysian, MN, USA), 400.0  $\mu\text{mol}$  triolein(Sigma Chemical, St. Louis, MO, USA), 20.7  $\mu\text{mol}$  콜레스테롤, 3.1  $\mu\text{mol}$   $\alpha$ -tocopherol(Sigma Chemical), 396  $\mu\text{mol}$  Na-taurocholate(Sigma Chemical), 그리고 24 mL PBS 용액(pH 6.4)을 기본으로 하였고 극초음파기(UW 2200, Bandelin, Berlin, Germany)로 약 30분간 유회하였다. 이 지질유화액만 공급한 동물군을 대조군(control)으로 하였고 녹차추출물이 추가적으로 든 지질유화액을 공급한 동물군을 녹차군(green tea extract, GTE)으로 하였다. Elaidic acid의 양(180.0  $\mu\text{mol}$ )은 하루 평균 약 20 g(약 80 kcal)을 섭취하는 흰쥐와 하루 약 2,000 kcal를 소비하는 사람 간의 에너지 대사 비율을 근거로 계산하였다(12). 한국인의 하루 평균 트랜스 지방의 섭취량이 약 2.6 g으로 조사되어(21), 이 에너지 대사 비율을 적용하여 계산된 양은 약 368  $\mu\text{mol}$ (103.9 mg/day)이어서 본 실험에 사용된 180  $\mu\text{mol}$ 은 영양학적 농도 범위 내에

**Table 1.** Composition of lipid emulsion containing green tea extract<sup>1)</sup>

Ingredient	Amount
Elaidic acid, $\mu\text{mol}$	180.0
Triolein, $\mu\text{mol}$	400.0
Cholesterol, $\mu\text{mol}$	20.7
$\alpha$ -Tocopherol, $\mu\text{mol}$	3.1
Na-taurocholate, $\mu\text{mol}$	396.0
Albumin, mg	72.0
Green tea extract, mL	24.0

<sup>1)</sup>Prepared using a ultrasonicator.

있다고 판단된다. 기타 콜레스테롤이나 중성지방은 일일 평균 섭취량을 기준으로 계산하였다(12). 투여한 녹차의 양 또한 catechin 함량을 기준으로 위에서 소개한 대사 비율을 적용하여 계산하였고 녹차추출물에 포함된 catechin 양(28.2 mg)으로 비교하면 사람의 하루 평균 약 2~3잔의 녹차에 해당하는 양이었다(12,22). 지질유화액은 시간당 3 mL씩 8시간 동안 지속적으로 십이지장주입관으로 자동펌프장치로 공급하였으며, 동시에 림프 시료는 림프채취관으로 매시간 8시간 동안 채취하여 분비된 양을 측정하였고 지질분석 시까지 -70°C에 저장하였다.

**Elaidic acid 소장 흡수율 측정**

Elaidic acid가 포함된 총지방산의 측정은 변형된 Folch 등(23)의 방법 및 Slover와 Lanza(24)의 방법을 따랐다. 먼저, 100 µL의 림프 시료를 chloroform : methanol(v/v, 2:1) 혼합 용매로 추출하여 총지방산을 얻었고 2 mL의 0.5 N methanolic NaOH와 14% BF<sub>3</sub>를 첨가하여 메틸화하였다. 지방산의 분리는 GC(Model GC 7890A, Agilent Technologies, Inc., Wilmington, DE, USA)와 불꽃이온화검출기(flame ionization detector)를 이용하였다. 사용한 column은 DB-23(ID, 0.25 mm; length, 60 m; film, 0.25 µm, Agilent J&W, Inc., Santa Clara, CA, USA)이며, 오븐 온도 조건은 200°C에서 10분, 그 후 1분에 5°C씩 온도를 올려서 4분 후 220°C에서 20분이었다. 림프 시료에 든 내부 표준 지방산(17:0)의 회수율을 구한 후 동일 분석조건의 지방산 표준품(Nu-Chek Prep Inc., Elysian, MN, USA)의 피크면적과 비교하여 elaidic acid를 포함한 각 지방산의 양을 계산하였다. Elaidic acid의 소장 흡수율은 십이지장으로 주입된 지방유화액의 elaidic acid의 양(180 µmol, 100% dose)에 대하여 림프채취관으로 분비된 양을 비교(%)하여 나타내었다.

**기타 림프 지방 분석**

림프 콜레스테롤은 HPLC 방법(25,26)으로 HPLC 시스템(Beckman System Gold software, Beckman Instruments)을 이용하였고, 분석 column은 Alltima C18(5 µm, 4.6×150 mm, Alltech Associates Inc.)이었고 이동상은 isopropanol : acetonitrile : water(60:30:10, v/v/v)를 1 mL/min로 UV 200 nm에서 측정하였다. 림프의 인지질 측정은 Raheja 등(27)의 방법을 따랐다. 100 µL 림프 시료를 유리시험관에 옮겨 담고 chloroform/methanol 혼합용매(2:1 v/v, BHT 151.3 µmol/L)를 4 mL 첨가하여 약 1시간 방치하였다(23). 증류수 800 µL를 넣고 층 분리를 유도한 후 하층용매를 취하여 40°C에서 질소농축기로 건조하였다. 다시 chloroform 4 mL와 색소시약을 첨가하여 710 nm에서 인지질의 흡광도를 측정하였다. Blank로는 chloroform을 사용하였고 인지질 표준품의 흡광도를 측정하여 각 림프 시료의 인지질 양을 계산하였다.

**통계처리**

실험 결과는 표준값과 표준편차(mean ± SD)로 나타내었

고 Student's t-test를 이용하여 p의 값이 0.05 이하일 경우를 두 동물군 간에 유의적인 차이가 있는 것으로 판정하였다.

**결과 및 고찰**

**Elaidic acid와 기타 주요 지방의 소장 흡수율**

녹차추출물과 elaidic acid가 함께 포함된 지질유화액을 십이지장으로 주입했을 때 8시간 동안에 분비된 림프의 양은 10.0±2.0 mL였고 이에 반해서 elaidic acid만 포함된 지질유화액을 주입했을 때 림프의 양은 점차 증가하여 17.1±3.1 mL로 두 그룹 간에 유의적인 차이를 나타내었다(Table 2). 시간당 분비된 림프의 양도 녹차추출물이 포함되지 않은 대조군에서는 지속적으로 증가하였으나 녹차군에서는 증가하는 속도가 현저히 감소되는 경향을 나타내었다. 이러한 결과는 녹차추출물에 의해 단위시간당 림프순환계로 유입되는 림프의 양과 총 8시간 분비량에도 영향을 미쳤음을 알 수 있는데, 이는 이전 연구(12)에서도 유사한 감소현상이 확인된 것과 관련하여 녹차추출물 투여로 인한 림프순환계로의 림프 유입이 감소된 결과로 판단된다.

Elaidic acid의 소장 흡수율은 Table 2에서와 같이 8시간 동안 대조군과 녹차군에서 각각 40.2±2.1%(72.3±3.8 µmol)와 33.8±4.5%(60.8±8.1 µmol)로 나타나 유의적인 차이를 나타내었다. 시간당 흡수율 또한 각각 5.0±0.3% dose/hr와 4.2±0.6% dose/hr로 조사되어 두 그룹 간에 유의적인 차이를 나타내었다. Fig. 1은 elaidic acid의 흡수율을 시간대별로 나타낸 그림인데, 흡수 초기에는 대조군과 녹차군 간에 차이가 없었으나, 녹차추출물이 포함된 지질유화액 투여 2시간째부터 그룹 간에 유의적인 차이를 보이기 시작하여 대조군의 elaidic acid의 흡수율은 증가세가 지속되는 반면에, 녹차군의 흡수율은 8시간째까지 지속적으로 감소세가 지속되었다. 이상의 조건에서 녹차추출물의 영향으로 소장에서 elaidic acid의 흡수율이 8시간 동안 약 15.9% 감소되는 것으로 나타났다(Table 2). 림프순환계로 흡수되는 올레산(Fig. 2), 콜레스테롤(Fig. 3), 그리고 인지질(Fig. 4)의 흡수 또한 이전

**Table 2. Cumulative lymphatic absorption of elaidic acid, oleic acid, total fatty acids, cholesterol, and phospholipid in rats infused with a lipid emulsion without (control) or with green tea extract (GTE) for 8 hr**

Lymph lipids	Control	GTE
Elaidic acid, µmol/8 hr	72.3±3.8 <sup>1)*</sup>	60.8±8.1
% dose/8 hr	40.2±2.1*	33.8±4.5
Hourly rate, % dose/hr	5.0±0.3*	4.2±0.6
Oleic acid, µmol/8 hr	597.7±42.0*	505.6±74.0
Total fatty acids, µmol/8 hr	923.2±63.8*	745.9±110.5
Cholesterol, µmol/8 hr	14.5±1.9*	7.8±2.6
Phospholipid, µmol/8 hr	37.5±5.5*	31.2±6.7
Lymph volume, mL/8 hr	17.1±3.1*	10.0±2.0

<sup>1)</sup>Values are expressed as mean±SD (n=5).

\*Significant differences between control and GTE groups (p<0.05).

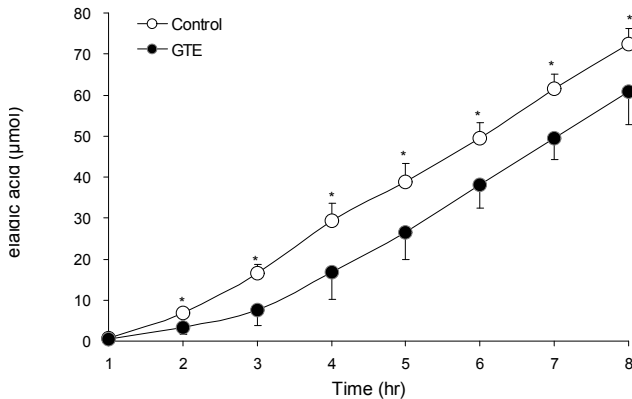


Fig. 1. Cumulative lymphatic absorption of elaidic acid in rats infused with a lipid emulsion without (control) or with green tea extract (GTE) for 8 hr. Values are means $\pm$ SD, n=5. Asterisks (\*) denote significant differences at  $p < 0.05$ .

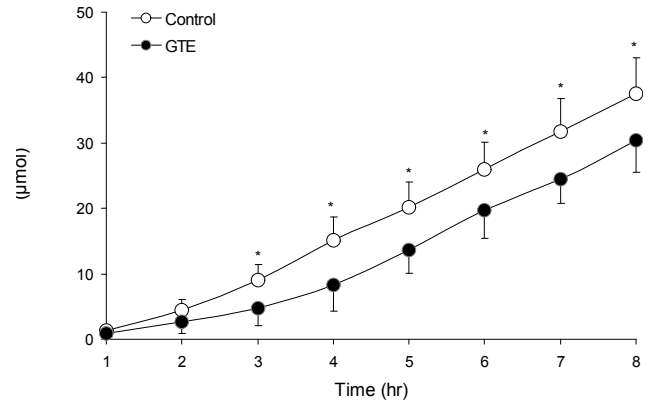


Fig. 4. Cumulative lymphatic output of phospholipid in rats infused with a lipid emulsion without (control) or with green tea extract (GTE) for 8 hr. Values are means $\pm$ SD, n=5. Asterisks (\*) denote significant differences at  $p < 0.05$ .

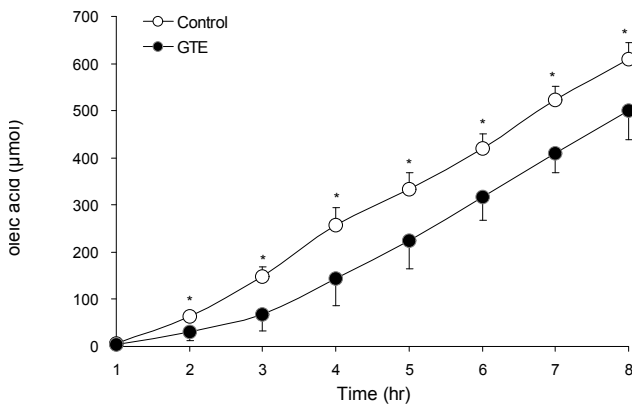


Fig. 2. Cumulative lymphatic absorption of oleic acid in rats infused with a lipid emulsion without (control) or with green tea extract (GTE) for 8 hr. Values are means $\pm$ SD, n=5. Asterisks (\*) denote significant differences at  $p < 0.05$ .

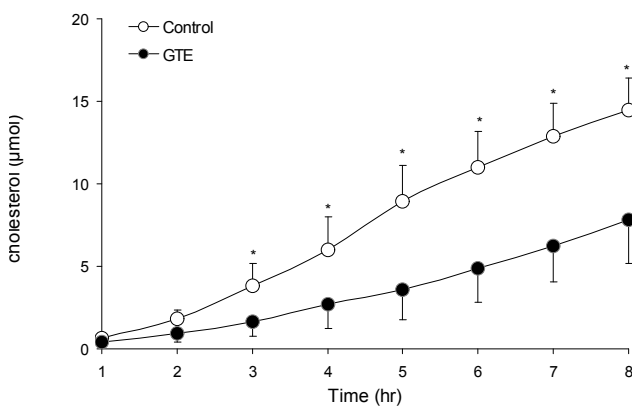


Fig. 3. Cumulative lymphatic absorption of cholesterol in rats infused with a lipid emulsion without (control) or with green tea extract (GTE) for 8 hr. Values are means $\pm$ SD, n=5. Asterisks (\*) denote significant differences at  $p < 0.05$ .

논문들(12-15)에서 녹차 조사된 바와 같이 녹차추출물에 의해서 유의적으로 감소되는 현상을 본 실험에서도 확인하였다.

현재까지 녹차추출물이 대표적인 트랜스 지방인 elaidic

acid의 소장 흡수에 미치는 영향이나 그 억제 현상과 관련된 어떤 기전도 보고된 바 없다. 그러나 녹차 또는 그 추출물이 콜레스테롤이나 식이성 중성지방(올레산), 지용성 성분의 흡수와 관련된 연구는 다수 보고되어 있다(10-16,28). Shishikura 등(29)은 *in vitro* 상태에서 유화 지방구 시스템을 이용하여 녹차의 카테킨, 특히 EGCG가 유화 지방구의 크기를 증가시키면서 표면적을 감소시킨다고 보고하였고, 이러한 구조적 변화는 췌장성 중성지질분해효소의 억제작용과 관련이 있다고 설명하였다(30,31). 또한 이러한 녹차의 카테킨은 소장의 지방 분해에 필수적인 역할을 하는 중성지질분해효소 뿐만 아니라 유화 지방구의 분해의 개시를 담당하는 췌장성 phospholipase A<sub>2</sub>의 활성도 억제한다는 사실을 보고하였다(13). 이 인지질분해효소의 활성 감소는 유화 지방구의 "껍질층"을 두텁게 형성하는 인지질 층의 분해를 감소시켜 지방구 내부 깊숙이 위치하는 중성지질이나 기타 지용성 성분(콜레스테롤과 비타민류 그리고 극지용성 성분 등)의 효소적 분해도 순차적으로 방해하여 결과적으로 마이셀 형성이 지연된다고 설명하였다(10). 이러한 결과로 분해된 지방들의 소장 흡수세포벽 진입 및 운반(transport and uptake by enterocytes)도 억제된다고 보고하였다(13,32,33). 최근에 극지용성인 벤조피렌의 소장 흡수에 미치는 영향을 조사한 결과, 사람의 하루 2~3잔에 해당하는 녹차의 양에 의해 흡수율이 감소되고 동시에 미흡수된 상태로 대장에 잔류하는 양도 증가한다고 보고하였고 복강주사 후 주요 조직에 잔류하는 양도 녹차 공급에 의해서 유의적으로 감소된다고 보고하였다(15,20,33). 이는 복강주사 후 분비되는 벤조피렌이 간장과 총담관을 경유하여 소장으로 배출될 때, 소장 내에서 녹차추출물에 의해 다른 주요 지방들과 함께 유화와 가수분해, 그리고 마이셀 형성 등과 같은 일련의 가용화 과정이 방해를 받아 장세포로의 이동과 재흡수가 억제되었기 때문인 것으로 보고하였다(15,20,33,34). 또한 흥미로운 사실은 본 연구에서 녹차추출물에 의해 elaidic acid와 올레산보

다 콜레스테롤의 흡수율(Fig. 3)이 약 46% 정도 더 감소되었다는 것이다. 이는 지방의 소화 및 흡수 과정과 관련하여 소수성이 큰 지방일수록 지방구 내부 깊숙이 위치해 분해가 용이하지 못해 흡수 과정이 저해되는 반면에 친수성이 높은 지방일수록 지방구의 바깥쪽에 위치해 분해가 촉진되어 흡수가 증가되는 현상으로 비추어 볼 때 이전 실험결과들과 동일선상에 있는 결과로 판단된다(13-15).

결론적으로 이 실험은 흰쥐의 소장으로 대표적인 트랜스 지방인 elaidic acid와 함께 녹차추출물을 지방유화액 형태로 주입하였을 때 elaidic acid 뿐만 아니라 콜레스테롤과 올레산의 흡수가 유의적으로 감소된다는 사실을 보고하였다. 본 연구가 제시하는 중요한 시사점은 식이적 수준에서의 녹차 섭취가 심혈관질환의 주요 위험인자이며 법적으로 엄격히 규제하지만 여전히 식품에 잔존하는 트랜스 지방을 소장 흡수 차원에서 억제할 수 있는 효율적인 식이수단이 될 수 있다는 것을 동물실험을 통해서 학계 최초로 밝혔다는 것이다. 이번 연구를 바탕으로 녹차 섭취가 트랜스 지방의 흡수를 농도 비례적으로 억제할 수 있을지, 그리고 elaidic acid의 담즙분비 대사와 혈액순환 대사에도 영향을 미치는지에 관한 연구는 앞으로 진행되어질 과제라 판단된다.

### 요 약

트랜스 지방 과다섭취는 심혈관계 질환의 위험인자이다. 이 연구는 녹차의 섭취가 대표적인 트랜스 지방인 elaidic acid의 소장 흡수율에 미치는 영향을 조사하기 위해서 설계하였다. 소장 지방 흡수를 *in vivo* 상태에서 측정하기 위해서 흰쥐의 '소장지방흡수모델(mesenteric lymph duct cannulated rat model)'을 이용하여 십이지장주입관(intraduodenal catheter)과 림프채취관(lymph duct cannula)을 각각 십이지장과 소장 림프관에 설치하였다. 십이지장주입관으로 주입된 지질유화액은 180.0  $\mu\text{mol}$  elaidic acid, 400.0  $\mu\text{mol}$  triolein, 20.7  $\mu\text{mol}$  cholesterol, 3.1  $\mu\text{mol}$   $\alpha$ -tocopherol, 396  $\mu\text{mol}$  sodium taurocholate 그리고 24 mL PBS 용액을 기본 성분으로 했고 이 지질유화액만 공급받은 동물을 대조군(control), 녹차추출물이 추가된 지질유화액을 공급받은 동물을 녹차군으로 하였다. 지질유화액은 시간당 3 mL씩 8시간 동안 주입하였고 동시에 소장 림프관에 설치된 림프채취관으로 분비되는 림프 시료를 매시간 8시간 동안 채취하여 분석하였다. 결과적으로, 8시간 동안 소장 림프채취관으로 분비된 림프의 양은 녹차에 의해서 유의적으로 감소하였고 elaidic acid의 흡수율(분비율) 또한 녹차에 의해서 유의적으로 감소하였다. 콜레스테롤, 올레산, 인지질의 흡수율도 녹차에 의해서 유의적으로 감소하였다. 이상의 결과들은 녹차가 elaidic acid 뿐만 아니라 기타 주요 식이성 지방들의 소장 흡수를 억제하는데 효과적인 수단이 될 수 있다는 것을 증명하는 연구라 판단된다.

### 감사의 글

이 논문은 2009~2010년도 창원대학교 교내연구비 지원에 의하여 수행되었으며 이에 감사드립니다.

### 문 헌

1. Ascherio A, Hennekens CH, Buring JE, Master C, Stampfer MJ, Willett WC. 1994. *Trans*-fatty acids intake and risk of myocardial infarction. *Circulation* 89: 94-101.
2. Mensink RP, Zock PL, Kester AD, Katan MB. 2003. Effects of dietary fatty acids and carbohydrates on the ratio of serum total to HDL cholesterol and on serum lipids and apolipoproteins: A meta-analysis of 60 controlled trials. *Am J Clin Nutr* 77: 1146-1155.
3. Mozaffarian D, Aro A, Willett WC. 2009. Health effects of *trans*-fatty acids: experimental and observational evidence. *Eur J Clin Nutr* 63: S5-S21.
4. Micha R, Mozaffarian D. 2009. *Trans* fatty acids: effects on metabolic syndrome, heart disease and diabetes. *Nat Rev Endocrinol* 5: 335-344.
5. Lopez-Garcia E, Schulze MB, Meigs JB, Manson JE, Rifai N, Stampfer MJ, Willett WC, Hu FB. 2005. Consumption of *trans* fatty acids is related to plasma biomarkers of inflammation and endothelial dysfunction. *J Nutr* 135: 562-566.
6. Remig V, Franklin B, Margolis S, Kostas G, Nece T, Street JC. 2010. *Trans* fats in America: a review of their use, consumption, health implications, and regulation. *J Am Diet Assoc* 110: 585-592.
7. Sang S, Lambert JD, Ho CT, Yang CS. 2011. The chemistry and biotransformation of tea constituents. *Pharmacol Res* 64: 87-99.
8. Cabrera C, Artacho R, Giménez R. 2006. Beneficial effects of green tea—a review. *J Am Coll Nutr* 25: 79-99.
9. Higdon JV, Frei B. 2003. Tea catechins and polyphenols: health effects, metabolism, and antioxidant functions. *Crit Rev Food Sci Nutr* 43: 89-143.
10. Koo SI, Noh SK. 2007. Green tea as inhibitor of the intestinal absorption of lipids: potential mechanism for its lipid-lowering effect. *J Nutr Biochem* 18: 179-183.
11. Ikeda I, Imasato Y, Sasaki E, Nakayama M, Nagao H, Takeo T, Yayabe F, Sugano M. 1992. Tea catechins decrease micellar solubility and intestinal absorption of cholesterol in rats. *Biochim Biophys Acta* 1127: 141-146.
12. Löest HB, Noh SK, Koo SI. 2002. Green tea extract inhibits the lymphatic absorption of cholesterol and  $\alpha$ -tocopherol in ovariectomized rats. *J Nutr* 132: 1282-1288.
13. Wang S, Noh SK, Koo SI. 2006. Green tea catechins inhibit pancreatic phospholipase A<sub>2</sub> and intestinal absorption of lipids in ovariectomized rats. *J Nutr Biochem* 17: 492-498.
14. Wang S, Noh SK, Koo SI. 2006. Epigallocatechin gallate and caffeine differentially inhibit the intestinal absorption of cholesterol and fat in ovariectomized rats. *J Nutr* 136: 2971-2976.
15. Kim J, Koo SI, Noh SK. 2012. Green tea extract drastically lowers the lymphatic absorption and increases the biliary secretion of <sup>14</sup>C-benzo[a]pyrene in rat. *J Nutr Biochem* 22 (in press).
16. Seo YJ, Noh SK. 2008. Effects of green tea extract on intestinal mucosal esterification of <sup>14</sup>C-oleic acid in rats. *Korean J Food Preserv* 15: 450-455.

17. Tso P, Balint JA. 1986. Formation and transport of chylomicrons by enterocytes to the lymphatics. *Am J Physiol* 250: G715-G726.
18. Reeves PG, Nielsen FH, Fahey GC Jr. 1993. AIN-93 purified diets for laboratory rodents: final report of the American Institute of Nutrition ad hoc writing committee on the reformulation of the AIN-76A rodent diet. *J Nutr* 123: 1939-1951.
19. Reeves PG. 1996. AIN-93 purified diets for the study of trace element metabolism in rodents. In *Trace Elements in Laboratory Rodents*. Watson RR, ed. CRC Press, Boca Raton, FL, USA. p 3-37.
20. Kim J, Noh SK. 2011. Effect of green tea on tissue distribution and deposition of <sup>14</sup>C-benzo[a]pyrene in rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 818-823.
21. Ha JH. 2006. Present situation of trans fats in Korea and its suggestion. *Health-Welfare Policy Forum* 118: 52-61.
22. Imai K, Nakachi K. 1995. Cross sectional study of effects of drinking green tea on cardiovascular and liver diseases. *Br Med J* 310: 693-696.
23. Folch J, Lees M, Sloane-Stanley GH. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J Biol Chem* 226: 497-509.
24. Slover HT, Lanza E. 1979. Quantitative analysis of food fatty acids by capillary gas chromatography. *J Am Oil Chem Soc* 56: 933-943.
25. Duncan IW, Culbreth PH, Burtis CA. 1979. Determination of free, total, and esterified cholesterol by high-performance liquid chromatography. *J Chromatogr* 162: 281-292.
26. Noh SK, Koo SI. 2004. Milk sphingomyelin is more effective than egg sphingomyelin in inhibiting intestinal absorption of cholesterol and fat in rats. *J Nutr* 134: 2611-2616.
27. Raheja RK, Kaur C, Singh A, Bhatia IS. 1973. New colorimetric method for the quantitative estimation of phospholipids without acid digestion. *J Lipid Res* 14: 695-697.
28. Raederstorff DG, Schlachter MF, Elste V, Weber P. 2003. Effect of EGCG on lipid absorption and plasma lipid levels in rats. *J Nutr Biochem* 14: 326-332.
29. Shishikura Y, Khokhar S, Murray BS. 2006. Effect of tea polyphenols on emulsification of olive oil in a small intestine system. *J Agric Food Chem* 54: 1906-1913.
30. Armand M, Pasquier B, Andre M, Borel P, Senft M, Peyrot J, Salducci J, Portugal H, Jaussan V, Lairon D. 1999. Digestion and absorption of 2 fat emulsions with different droplet sizes in the human digestive tract. *Am J Clin Nutr* 70: 1096-1106.
31. Juhel C, Armand M, Pafumi Y, Rosier C, Vandermader J, Lairon D. 2000. Green tea extract (AR25<sup>®</sup>) inhibits lipolysis of triglycerides in gastric and duodenal medium in vitro. *J Nutr Biochem* 11: 45-51.
32. Borgström B. 1980. Importance of phospholipids, pancreatic phospholipase A<sub>2</sub>, and fatty acid for the digestion of dietary fat: in vitro experiments with the porcine enzymes. *Gastroenterology* 78: 954-962.
33. Reynier MO, Lafont H, Crotte C, Sauve P, Gerolami A. 1985. Intestinal cholesterol uptake: comparison between mixed micelles containing lecithin or lysolecithin. *Lipids* 20: 145-150.
34. Noh SK, Kim J. 2011. Enteral infusion of green tea extract selectively enhances the biliary secretion of <sup>14</sup>C-benzo[a]pyrene in rats without affecting other biliary lipids. *J Food Sci Nutr* 16: 104-109.

(2011년 10월 19일 접수; 2011년 12월 8일 채택)