

녹차 추출물이 흰쥐 소장세포의 지방 에스테르화 과정에 미치는 영향

서윤정 · 노상규[†]
국립창원대학교 식품영양학과

Effects of Green Tea Extract on Intestinal Mucosal Esterification of ¹⁴C-Oleic Acid in Rats

Yun-Jung Seo and Sang-K. Noh[†]

Department of Food and Nutrition, Changwon National University, Changwon 641-773, Korea

Abstract

Previously, we have shown that green tea extract lowers the intestinal absorption of cholesterol, fat, and other fat-soluble compounds. We conducted this study to determine whether green tea extract affects the rate of ¹⁴C-oleic acid esterification into various lipids in the intestinal mucosa of rats. Male Sprague-Dawley rats were had free access to a nutritionally adequate AIN-93G diet and deionized water. Initially, the rat's mucosal content of total lipids was measured following 1 mL olive oil administration with (green tea group) or without (control group) 100 mg green tea extract powder. At 1 h and 5 h, intestinal segments were extracted for total lipid analysis. Secondly, to measure mucosal esterification rates of lipids, an abdominal incision was made along the midline, and a 10-cm long jejunal segment of the small intestine was ligated in situ. Then, micellar solutions with or without green tea extract were injected into the ligated jejunal segments and incubated for 10 min. The micellar solution contained 200.0 μ Ci ¹⁴C-oleic acid, 200.1 μ mol unlabelled oleic acid, 66.7 μ mol 2-monooleoylglycerol, 66.7 μ mol palmitoyl-sn-glycero-3-phosphocholine, 2.2 mmol glucose, 50.0 μ mol albumin, and 16.5 mmol Na-taurocholate per L of phosphate buffered saline (pH, 6.3) with or without 8.87 g green tea extract powder. At 10 min, each rat was sacrificed by cervical dislocation under anesthesia and the segment was removed for lipid analysis. Significant differences were observed in mucosal triglyceride content at 1 h and 5 h in rats given green tea extract. Significant differences in the rate of ¹⁴C-oleic acid esterification into triglycerides and phospholipids fractions were observed between control and green tea groups. However, There were no significant differences in other lipid fractions. These results indicate that the lowered esterification rates of ¹⁴C-oleic acid into triglycerides and phospholipids fractions is attributable to presence of green tea extract. This may be associated with an inhibitory effect of green tea catechin on the mucosal processes of lipids, leading to the inhibition of intestinal absorption of lipids.

Key words : esterification, green tea, intestine, mucosa, rat

서 론

녹차(green tea)는 물 다음으로 많이 소비되는 대중음료다(1). *Camellia sinensis* 동백나무과의 잎을 이용해서, 증기 및 볶음 공정을 거친 잎차며, 다른 차에 비해서 많은 양의 catechin을 함유한다. 특히, (-)-epigallocatechin gallate(EGCG), (-)-epicatechin gallate(EGC), galocatechin(EGC), 그리고 (-)

-epicatechin(EC) 등이 주요 catechin으로 알려져 있다(2,3)

녹차의 catechin은, 혈액 지방의 농도를 감소시켜 심혈관 질환의 여러 증상을 완화한다는 연구 결과가 있다(4-9). 또한 녹차는 hypercholesterolemia 증상이 유도된 동물모델에 서부터(10-15), 유전적으로 apoprotein E 형성이 결여된 동물모델에서의 동맥경화 억제작용까지 다양한 항지혈(antilipidemia) 작용을 보이는 것으로 보고되고 있다(12,13). 그러나, 녹차 또는 녹차 성분에 의해서 혈액 지방 농도가 감소되는 현상과 관련해서 아직 명확한 기전이 확립되어

[†]Corresponding author. E-mail : sknolog@changwon.ac.kr,
Phone : 82-55-213-3516, Fax : 82-55-281-7480

있지 않다. 이러한 억제 기전을 설명하는 한 가설이 녹차 catechin이 소장의 지방 소화 및 분해 과정에 미치는 영향이다. 소장 지방분해 및 흡수 과정에 필수적인 단계들인 지방의 유화(lipid emulsification), 가수분해(lipid hydrolysis), micelle형성, 그리고 소장세포 진입과정(luminal uptake & transport)을 방해 또는 억제할 가능성이 있다.

이전 동물실험에 의하면, 녹차추출물은 소장의 지방 흡수를 억제하는 것으로 알려져 있다(4,5,15,16). 녹차추출물을 소장으로 지방성분과 함께 투여했을 때, cholesterol을 포함한 다양한 지방의 소장 흡수율을 농도비례적으로 감소시켰다. 이러한 지방들의 소장 흡수율 감소현상은 췌장성 지방분해효소(lipase와 phospholipase A₂) 활성억제와 밀접한 관련이 있었으며, 특히, EGCG가 가장 강력한 녹차의 억제인자로 작용하였다(4,5).

본 연구에서는 녹차추출물이 분해된 지방의 소장세포 진입 및 재합성(luminal uptake and lipid re-synthesis)에 어떤 영향을 미치는지를 조사하기 위해서 설계되었다. 특히, 소장 소화 및 분해 후, 흡수된 지방들이 체내진입을 위해서 소장세포 재합성 과정에 필수적인 단계인 ‘소장세포 지방 에스테르화(mucosal esterification of lipids)’가 녹차추출물에 의해서 영향을 받는지를 점검하기 위해서 in vivo 상태에서 흰쥐의 소장으로 ¹⁴C-oleic acid이 포함된 micelle을 주입하여, 소장 조직의 cholesteryl esters(CE), triglycerides(TG), mono- and diglycerides(MDG), free fatty acids(FFA), 그리고 phospholipids(PL)으로의 분배율을 비교, 분석하였다.

재료 및 방법

재료

본 동물실험에 사용된 녹차추출물은 Indena USA Inc (Seattle, WA, USA) 본사에서 무상으로 공급한 녹차추출물 동결건조 분말(green tea extract powder)이다.

녹차추출물 분말의 분석

녹차추출물 분말에 함유된 주요 catechin 종류와 농도를 규명하기 위해서, 분말 108.2 mg을 100 mL 증류수에 녹여 10배 희석한 후, high pressure liquid chromatography (HPLC)로 주요 catechin을 분리하였다. 이 장치는 HPLC (Beckman Instruments, System Gold Nouveau software, Fullerton, CA, USA)에 C₁₈ column(Alltima C₁₈, 5 µm, 4.6 x 150 mm, Alltech Associates, Deerfield, IL, USA)으로 연결하여, 210 nm에서 분리용매(83% water/17% acetonitrile/ 0.05% trifluoroacetic acid)를 이용, 1 mL/min의 유속으로 분리하여 농도를 계산하였다(5,17).

식이 및 동물사육

동물실험에 사용된 식이는 미국영양학회(American Institute of Nutrition, AIN, USA)가 추천하는 AIN-93G 분말식을 구입하여 사용하였다(18). 이 식이의 mineral 함량은 egg white 대체로 조정이 되었으며, 지방으로 soybean oil을 사용하여 표준식으로 하였다. 식이조성은 Table 2와 같다.

실험에 사용된 동물은 4주령(체중 약 270 g) male Sprague-Dawley 흰쥐(중앙실험동물)이며, 약 2주간 국립창원대학교 식품영양학과 동물사육실(실내온도 22 ± 2°C, 상대습도 55 ± 5%, 12 h light-dark cycle)에서 자동급수장치가 겸비된 개인별 cage로 자유롭게 공급된 증류수와 ad libitum 표준식이 조건하에서 사육되었다. 2 주간 적응기간을 가진 후에 동물실험에 이용되었다. 사용된 동물들의 평균 체중은 300-350 g이었다.

Table 1. AIN-93G diet composition¹⁾

Ingredient	Amount (g/kg)
Egg white	200.0
Cornstarch	528.5
Dextrose	100.0
Cellulose	50.0
Soybean oil ²⁾	70.0
Mineral mix	35.0
Vitamin mix	10.0
Biotin (1mg/g biotin sucrose mix)	4.0
Choline Bitartrate	2.5

¹⁾Formulated and supplied from Dyets, Bethlehem, PA, according to the recommendations of the AIN.

²⁾Contained 0.02% tert-butylhydroquinone.

Olive oil 주입 후 흰쥐 소장의 총지방량 및 중성지방 함유량 점검

실험에 사용된 동물은 약 20 시간을 절식시킨 후, 강제투여(gastric intubation)된 olive oil이 일정한 시간의 소화 및 분해과정 후에 소장의 mucosa 안으로 진입한 양이 녹차에 의해서 영향을 받는지 점검하기 위해서, 100 mg(HPLC에 의한 총 catechin 함량은 약 56.38 mg; Table 2 참조)의 green tea extract 분말과 혼합된 1 mL olive oil을 구강으로 주입하였다. 사용한 green tea extract 분말 100 mg은 사람이 하루에 마시는 6잔의 녹차가 함유하는 catechin 양에 해당된다(5). 흰쥐에 강제투여 방식(gastric intubation)으로 olive oil을 주입한 후, 1 시간 그리고 5 h 후에 마취(2.0% isoflurane in 1.5 to 2.0 L oxygen) 상태 하에서 복부(abdominal midline) 개복 후, 십이지장을 포함하는 소장 상층부(약 15 cm)를 채취하여 mucosa 층을 수확하였다. 총지방량과 중성지방량은 Folch 등(19)의 방법으로 추출되었다. 중성지방 분리는 thin layer chromatography 방법으로 분리되었다(4).

Micelle 용액 준비

동물실험에 사용된 micelle 용액은 200.0 μCi ^{14}C -oleic acid(specific activity: 55 mCi/mmol, radiochemical purity: 99.0%, American Radiolabeled Chemicals Inc., St. Louis, MO, USA), 200.1 μmol oleic acid, 66.7 μmol 2-monooleoylglycerol, 66.7 μmol palmitoyl-sn-glycero-3-phosphocholine, 2.2 mmol glucose, 50.0 μmol albumin, and 16.5 mmol Na-taurocholate per L of phosphate buffered saline (pH, 6.3) 를 기본으로 하며, 실험군의 micelle 용액은 녹차추출물 분말(green tea extract powder)이 8.87 g/L의 농도로 추가되었다(20). 각각의 용액은 초음파기(ultrasonic homogenizer: HD 2200; Germany)를 이용, 균질화되었다. Micelle 용액 제조에 사용된 시약들은 Sigma-Aldrich Chemicals(Sigma-Aldrich, USA)에서 구입하였다.

소장 segment를 이용한 ^{14}C -oleic acid의 에스테르화 점검

실험에 사용된 동물은 약 14 시간 절식 기간을 거친 후, 산소공급이 지속되는 마취상태(2.0% isoflurane in 1.5 to 2.0 L oxygen)에서 복부(abdominal midline)가 개복되었다. 'Ligament of Treitz'에 연결된 소장 부위를 멸균된 gauze 위에 꺼낸 후, 이 ligament에 연결된 십이지장을 포함하는 소장의 상충부의 양 끝을 살균 처리된 suture silk(4-0 Silk)로 느슨하게 매듭처리 하였다(20). 800.0 μL micelle 용액을 1 mL 주사기를 이용, 매듭 처리된 소장의 윗 매듭 속으로 주입하였다. 그리고 Ligament of Treitz에 매달린 모든 부속 부분들을 원위치 시키고 절개된 복부 부위도 봉하였다. 정확히 10분 후에, cervical dislocation 방법으로 희생시킨 후 매듭된 소장 부위를 꺼내어 장내용물(luminal content)을 약 10 mM Na-taurocholate를 5 mL Krebs-Ringer phosphate buffer(pH 7.4)로 3번 세척, 합하여 장 내용물의 잔존 ^{14}C -oleic acid를 측정(Wallac 1414; Beckman Coulter Inc., Fullerton, CA, USA)하였다. 획득된 소장 부위의 소장 벽에서의 ^{14}C -oleic acid의 분배율을 측정하기 위해서, Folch 등(19)의 지방추출법을 이용, 총지방을 추출하였다. 소장 시료 segment의 단백질 농도를 측정하기 위해서 mucosa 시료를 BCA 분석 kit(Pierce Chemical Co., Rockford, IL, USA)을 이용, 소장 부위의 단백질 농도를 측정하였다.

Solid phase extraction(SPE) 방법에 의한 소장 조직 지방의 분획

소장 지방은 SPE 분획장치(SPS 24, Varian, Harbor City, CA, USA)와 aminopropyl solid phase column(Bond Elut NH_2) 이용하여 분획되었다(20). 분획된 지방의 종류는 CE, TG, MDG, FFA, 그리고 PL이다. 분획된 각 지방들은 질소 건조기로 건조 및 cocktail과 혼합한 후 ^{14}C -oleic acid 양을 측정하였다. 총 주입한 방사선량을 100% dose로 정하여

측정하였으며, 분획된 지방들로 esterification 과정을 거쳐 분배된 양(%)을 각각 계산하였다. 이때 단백질 양을 고려하여, ^{14}C -oleic acid가 각 지방 분획으로 에스테르화된 비율은 nmoles of ^{14}C -oleic acid /10 min /100 mg tissue protein으로 나타내었다.

통계처리

분석 결과들은 평균치와 표준편차(means \pm SD)로 나타내었고, 대조군과 실험군과의 비교는 Student's t-test로 하여 p값이 5% 미만일 때를 통계학적으로 유의성이 있다고 판정하였다.

결과 및 고찰

녹차추출물 분말의 catechin 조성

동물실험에 사용된 녹차추출물 분말의 주요 catechin의 조성은 Table 2와 같다. 100 mg%로 나타냈을 때, 이 분말에 포함된 주요 catechin은 EGCG로 약 60.03 mg%로 대부분을 차지하였다. 다음으로 ECG(17.01 mg%)이었으며, EGC(14.07mg%)와 EC(8.89mg%)도 다음 순으로 주요 성분 중에 하나였다. 이러한 성분 비율은 보고되는 전형적인 성분 비율과 유사하게 나타났으며, 본인의 이전 실험에서도 유사한 성분 조성을 보고하였다(5).

Table 2. Catechin content in green tea extract (GT) powder

GT catechins	mg/100 mL	mg/100 mg GT extract powder	mg%
EGCG ¹⁾	36.62	33.85	60.03
ECG	10.38	9.59	17.01
EGC	8.58	7.93	14.07
EC	5.42	5.01	8.89
Total	61.00	56.38	100.00

¹⁾EGCG, epigallocatechin gallate; ECG, epicatechin gallate; EGC, epigallocatechin; and EC, epicatechin.

흰쥐 소장의 총지방량 및 중성지방 함유량

녹차추출물 분말을 구강강제투여 방법을 통하여 흰쥐의 장으로 olive oil과 혼합하여 주입했을 때, 소화분해 과정을 거친 후에 소장 세포로 이동한 총 지방량과 중성지방량은 Table 3에 나타내었다. 약 사람의 녹차 6잔에 해당하는 양(100 mg)을 olive oil과 혼합하여 1회에 구강 주입했을 때, 총지방량(total lipids)은 비교군과 녹차군에서, 1시간이 경과한 후에, 각각 4.6 ± 0.8 mg, 3.5 ± 1.0 mg이었고 5시간이 경과한 시점에서는 3.8 ± 0.9 mg, 3.0 ± 0.9 이였으며, 그룹간의 비교에서는 감소하는 경향이 있었으나 통계적으로 유의적인 차이가 없었다. 이는 장세포벽(intestinal mucosa)에 일시적으로 머무는 양이 녹차에 의해서 영향이 받지 않는다는

것을 알 수 있다. 그러나 이 총지방량 중에서 중성지방 (triglyceride) 부분만 분리해서 비교를 하면, 강제투여 후 1시간이 지난 시점에서 비교군과 실험군(green tea group)에서 각각 $46.5 \pm 4.0\%$, $36.2 \pm 4.21\%$ 로 나타나 녹차추출물에 의해서 중성지방의 함량이 유의적으로 감소되는 것을 알 수 있다. 강제투여한지 5시간이 지난 시점에서도 비교군과 실험군에서의 중성지방 함량이 각각 $56.7 \pm 6.2\%$, $43.1 \pm 5.1\%$ 로 나타나, 이 또한 녹차추출물의 혼합에 의해서 유의적으로 감소되었음을 알 수 있다. 현재로서는 정확한 이유를 제시할 수 없으나, 소장세포 내에서의 재합성(re-synthesis)에 영향을 미치는 소화 및 분해과정이 녹차 catechin에 의해서 각종 분해효소들이 억제된다는 이전 실험들(15,16)을 고려해 볼 때, 주입 후, 1시간 그리고 5시간에 관찰된 감소된 중성지방 함량 이러한 이유에서 발생된 것으로 사료된다. 그리고 지방의 소장 이동(intestinal lipid transport) 중 마지막 단계라 할 수 있는 소장 림프관으로의 이동(transport into the intestinal lymphatic system) 과정을 조사해 보면, 이전 실험에서 녹차추출물 또는 녹차 catechin에 의해서 림프관으로의 이동 또한 녹차 성분에 의해서 농도비례적으로 억제되었다(5). 특히, 녹차 catechin 주요 성분 중, EGCG가 가장 강력한 주요 지방들의 '림프관으로의 이동(이를 보통, 소장 흡수율이라 함)' 억제 현상을 보였다(15). 이는 이번 실험에서 밝혀낸 결과들과 연관시키면, 녹차 성분에 의해서 mucosa에 머무는 각종 지방의 체류 시간이 감소됨으로써, 결과적으로 림프관으로의 이동(즉, 흡수)이 감소되었을 것으로 사료된다.

소장세포 내에서의 ^{14}C -oleic acid의 에스테르화

녹차추출물이 소장세포 내에서 ^{14}C -oleic acid의 에스테르화 과정에 미치는 영향은 Table 4와 그림(Fig. 1)으로 나타내었다. 녹차 성분을 함유하지 않은 micelle 용액을 소장에 주입했을 때, 10 분 동안에 소장세포 안으로 흡수되어 각종 지방으로 분배된 비율을 100 mg 당 10 min 동안에 지방산 ^{14}C -oleic acid가 에스테르화하는 속도로 나타냈다. 이때 TG, PL, CE, FFA 그리고 MDG의 지방 분획으로 분배된 비율은 각각 $52.8 \pm 6.1\%$, $18.2 \pm 3.3\%$, $1.5 \pm 0.2\%$, $1.38 \pm 0.20\%$, $0.09 \pm 0.02\%$ 로 나타났다. 소화, 흡수과정에서 소장 lumen에서 소장세포로 진입 후, 대부분(96.0%)의 ^{14}C -oleic acid는 중성지방과 인지질로 분포되는 것을 발견할 수 있었으며, CE로의 에스테르화는 거의 발생되지 않는 것을 발견할 수 있었다. 이때 녹차성분을 함유하는 micelle 용액을 같은 실험 조건에서 소장 부위로 주입을 했을 때, ^{14}C -oleic acid의 분포(%)는 TG, PL, CE, FFA, MDG에서 각각 41.3 ± 3.1 , 10.9 ± 3.1 , 1.4 ± 0.2 , 1.03 ± 0.04 , 0.06 ± 0.02 로 나타났다. 이러한 분포는 녹차 성분이 존재하더라도 대부분(약 96%)의 ^{14}C -oleic acid는, 비교군과 유의적인 차이 없이, 중성지방과 인지질 분획으로 에스테르화되어

재합성되는 것을 본 실험에서 발견할 수 있었다. 이 때 녹차에 의한 영향을 비교하기 위해서, 소장세포 내에서 각 지방 분획별로의 에스테르화 정도를 대조군(control)대 녹차추출물을 함유하는 실험군(green tea)를 비교하면, 중성지방 분획으로의 ^{14}C -oleic acid 에스테르화 비율이 약 21.7% 감소되는 것을 발견할 수 있었다. 이는 녹차추출물에 의해서 소장세포 내에서 소장세포 지방의 재합성 과정의 필수적인 단계인 에스테르화 과정이 유의적인 차이로 억제되는 것을 본 실험에서 발견할 수 있다. 이는 녹차 또는 녹차의 주요 catechin에 의해서 소장세포 내 지방의 재합성 과정에서 억제가 되는 것을 실험적으로 제시한 중요한 결과할 하겠다.

이와 유사하게, 인지질 분획의 경우도 ^{14}C -oleic acid 에스테르화 비율 또한 비교 동물군의 그것에 비해서, 상대적인 양은 적지만, 약 40.1% 감소되는 것을 본 실험 결과에서 발견할 수 있었다. 소장의 흡수과정에서 소장세포 내에서 재합성 되는 이 두 주요 지방들은 소장에서 유래하는 chylomicron의 형성에 영향을 미쳐 혈액순환계로의 운반에 영향을 미치지 않을까 판단이 된다(21). 그러나 기타 CE, FFA 그리고 MDG으로의 ^{14}C -oleic acid 에스테르화는 앞서 설명한 중성지방과 인지질로의 분배율에 비해서 거의 발생하지 않았고 비교군과 실험군과의 비교에서도 유의적인 차이가 발생하지 않았다.

Table 3. Mucosal content of total lipids and triglycerides at designated intervals after olive oil-green tea extract powder mixture administration(1,2)

Group	Total lipids		Triglycerides	
	1 h	5 h	1 h	5 h
	(mg/100 mg of mucosa)		(% of total lipids)	
Control	4.6 ± 0.8	3.8 ± 0.9	$46.5 \pm 4.0^*$	$56.7 \pm 6.2^*$
Green tea	3.5 ± 1.0	3.0 ± 0.9	36.2 ± 4.21	43.1 ± 5.1

¹⁾Values are means \pm SD, n = 4.

²⁾Asterisks (*) denote significant differences (P < 0.05).

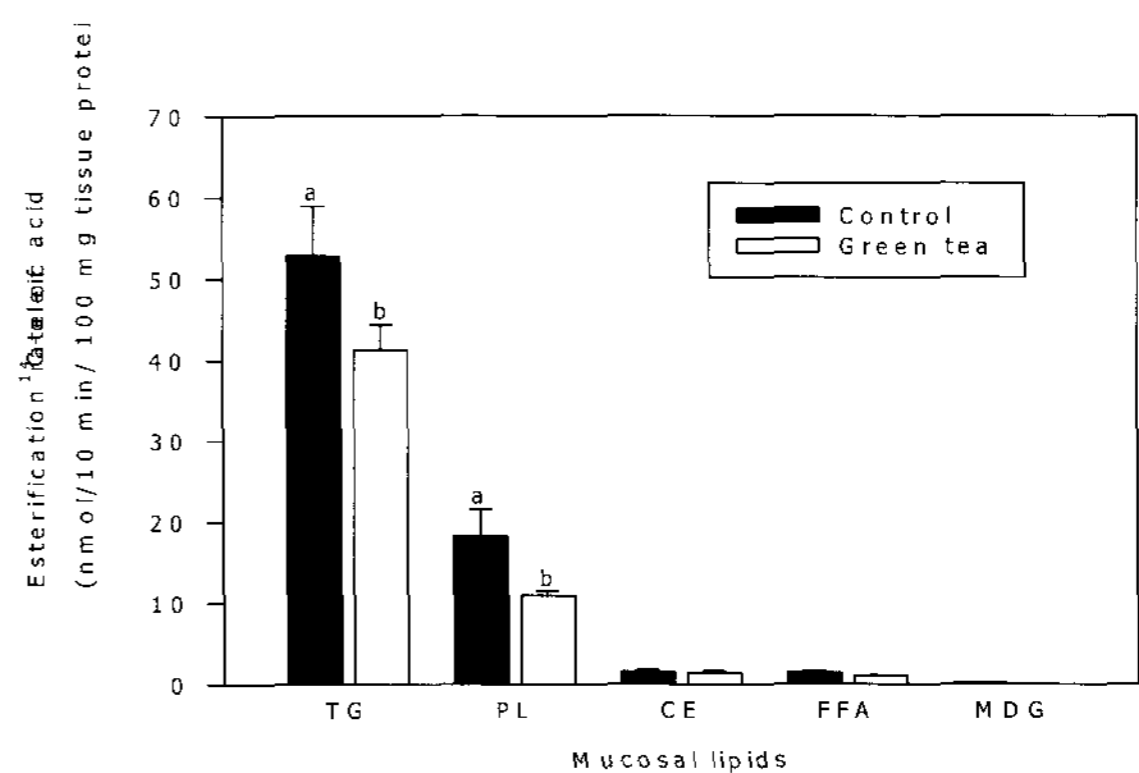


Fig. 1. Rate of ^{14}C -oleic acid esterification into different lipids in the intestinal mucosa of rats.

Means with different superscript letters at each fraction differ at P < 0.05. Abbreviations used: TG, triglycerides; PL, phospholipids; CE, cholesteryl esters; FFA, free fatty acids; and MDG, mono- and diglycerides. Values are expressed as mean \pm SD, n = 5.

소장세포 내에서 녹차추출물에 의해서 에스테르화 감소 현상을 직접적으로 설명하는 기전은 아직 없다. 그러나, Leslie 등(22)의 연구에 의하면, flavonoids에 의해서 소장세포 막에 존재하는 multi-drug resistance P-glycoprotein의 단백질의 구조 및 활성이 영향을 받을 수도 있다고 보고를 하였고, Conseil 등(23)도 flavonoid에 의해서 ATP-binding protein 또는 steroid-binding protein에 영향을 주어 활성을 억제할 수 있다고 보고를 하였다. 이러한 상황을 고려해 볼 때, 녹차의 주요 활성성분인 catechin이 장세포 벽 또는 장세포 내에 존재하는 다양한 지방 운반체(transporter)나 또는 에스테르화에 관여하는 다양한 효소 활성에 영향을 주어, 소장세포 내로의 수송을 억제했을 가능성이 있다고 판단이 된다. 이전 실험에서 제시된, 녹차추출물에 의한 pancreatic phospholipase A₂ 활성 억제작용과 지방의 소화 및 분해 억제 과정(4), 본 실험에서 제시된 소장세포 내에서의 총지방량 합성 감소 현상과 중성지방 및 인지질의 esterification rate 감소현상 등을 고려해 볼 때, 이전 본인의 동물실험에서 제시한 녹차에 의한 소장 지방 흡수 억제현상 직접적으로 뒷받침하는 결과들이라 하겠다(4,5,15,16). 앞으로의 과제는 녹차의 소장 지방 흡수 억제현상과 관련, 소장세포 내에서 녹차추출물을 지속적으로 공급하는 상황에서 에스테르화 과정에 단계별로 관여하는 각종 지방의 acyltransferase의 활성에 미치는 영향을 조사하는 것과 녹차의 주요 성분, EGCG, ECG, EGC, EC별로 상대적인 효과를 조사하는 것이다.

요 약

이 실험은 녹차추출물이 흰쥐 소장 mucosa에서 ¹⁴C-oleic acid의 에스테르화 과정에 어떤 영향을 미치는지를 조사하기 위해서 설계되었다. 먼저, olive oil을 구강으로 강제 투여했을 때, 1시간 그리고 5시간 후에, 녹차 성분의 변수에 의해서 소장 mucosa 내에 축적된 중성지방이 얼마나 감소하는지를 조사하였다. 그리고 소장세포 내에서 녹차 성분에 의해서 각종 지방으로 ¹⁴C-oleic acid의 분배비율이 영향을 받는지 조사하였다. 이 실험에 사용된 micelle 용액은 200.0 μCi ¹⁴C-oleic acid, 200.1 μmol oleic acid, 66.7 μmol 2-monooleoylglycerol, 66.7 μmol palmitoyl-sn-glycero-3-phosphocholine, 2.2 mmol glucose, 50.0 μmol albumin, 그리고 16.5 mmol Na-taurocholate per L of phosphate buffered saline (pH, 6.3)를 기본으로 하며, 실험군의 micelle 용액은 녹차추출물 분말(green tea extract powder)이 8.87 g/L의 농도로 추가되었다. Ligament of Treitz 부위에 연결된 소장 부위의 양 끝을 살균 처리된 suture silk(4-0 Silk)로 느슨하게 매듭처리 한 후, 800.0 μL micelle 용액을 매듭 처리된 소장의 윗매듭 속으로 주입하여, 장기 및 부속기관을 원위치시

켰다. 10분 후에, cervical dislocation 방법으로 희생시킨 후 매듭된 소장 부위를 꺼내어 장내용물(luminal content)의 잔존 ¹⁴C-oleic acid를 측정하였다. 획득된 소장 벽에서 각종 지방으로 ¹⁴C-oleic acid의 분배율을 측정하였다. 소장 mucosa에서 총지방량은 녹차추출물에 의해서 영향을 받지 않았으나, 이중 중성지방의 비율은 유의적으로 감소되었다. 또한 소장 벽에서 각종 지방으로 ¹⁴C-oleic acid의 분배율은 녹차추출물에 의해서, 중성지방과 인지질 분획에서 유의적인 감소현상을 보였다. 이 실험은, 이전 동물실험들에서 누차 보고되었던, 녹차추출물에 의한 소장 지방 흡수 억제 현상은 ¹⁴C-oleic acid의 에스테르화 비율과 상관성이 있는 것으로 제시하고 있다.

감사의 글

이 논문은 2005년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구 조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원(KRF-2005-003-C00192)을 받아 수행된 연구 내용의 일부로서 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Cabrera, C. Artacho, R. and Gimenez, R. (2006) Beneficial effects of green tea--a review. *J. Am. Coll. Nutr.*, 25, 79-99
2. Harbowy, M.E. and Balentine, D. (1997) Tea chemistry, *Critical Rev. Plant Sci.* 16, 415-80
3. Graham, H.N. (1992) Green tea composition, consumption, and polyphenol chemistry. *Prev. Med.*, 21, 334-350
4. Wang, S., Noh, S.K. and Koo, S.I. (2006) Green tea catechins inhibit pancreatic phospholipase A₂ and intestinal absorption of lipids in ovariectomized rats. *Alcohol and skeletal muscle disease. J. Nutr. Biochem.*, 17, 492-498
5. Lee, H.B., Noh, S.K. and Koo, S.I. (2002) Green tea extract inhibits the lymphatic absorption of cholesterol and α-tocopherol in ovariectomized rats. *J. Nutr.*, 132, 1282-1288
6. Muramatsu K, Fukuyo, M. and Hara, Y. (1986) Effect of green tea catechins on plasma cholesterol level in cholesterol-fed rats. *J. Nutr. Vitaminol.*, 32, 613-622
7. Yang, T.T.C. and Koo, M.W.L. (1997) Hypocholesterolemic effects of Chinese tea. *Pharmacol. Res.*, 35, 505-512
8. Suzuki, H, Ishigaki, A. and Hara, Y. (1998) Long-term effect of a trace amount of tea catechins with perilla

- oil on the plasma lipids in mice. *Internat. J. Vit. Nutr. Res.*, 68, 272-274
9. Chan, P.T., Fong, W.P., Cheung, Y.L., Huang, Y., Ho, W.K.K. and Chen, Z.Y. (1999) Jasmine green tea epicatechins are hypolipidemic in hamsters (*Mesocricetus auratus*) fed a high fat diet. *J. Nutr.*, 129, 1094-1101
 10. Hayek, T., Fuhrman, B., Vaya, J., Rosenblat, M., Belinky, P., Coleman, R., Elis, A. and Aviram, M. (1997) Reduced progression of atherosclerosis in apo E-deficient mice following consumption of red wine, or its polyphenols quercetin or catechin, is associated with reduced susceptibility of LDL to oxidation and aggregation. *Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol.*, 17, 2744-2752
 11. Xu, R., Yokoyama, W.H., Irving, E., Rein, D., Walzem, R.L. and German, J.B. (1998) Effect of dietary catechin and vitamin E on aortic fatty streak accumulation in hypercholesterolemic hamsters. *Atherosclerosis*, 137, 29-36
 12. Chyu, K.Y., Babbidge, S.M., Zhao, X., Dandillaya, R., Rietveld, A.G. and Yano, J. (2004) Differential effects of green tea-derived catechin on developing versus established atherosclerosis in apolipoprotein E-null mice. *Circulation*, 109, 2448-2453
 13. van het Hof, K.H., Wiseman, S.A., Yang, C.S. and Tijburg, L.B.M. (1999) Plasma and lipoprotein levels of tea catechins following repeated tea consumption. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 220, 203-209
 14. Hodgson, J.M, Croft, K.D., Mori, T.A., Burke, V., Beilin, L.J. and Puddey, I.B. (2002) Regular ingestion of tea does not inhibit in vivo lipid peroxidation in humans. *J. Nutr.*, 132, 55-58
 15. Wang, S., Noh, S.K. and Koo, S.I. (2006) Epigallocatechin gallate and caffeine differentially inhibit the intestinal absorption of cholesterol and fat in ovariectomized rats. *J. Nutr.* 136, 2791-2796
 16. Koo, S.I. and Noh, S.K. (2007) Green tea as inhibitor of the intestinal absorption of lipids: potential mechanism for its lipid-lowering effect. *J. Nutr. Biochem.*, 18, 179-183
 17. Dalluge, J.J., Nelson, B.C., Thomas, J.B. and Sander, L.C. (1998) Selection of column and gradient elution system for the separation of catechins in green tea using high-performance liquid chromatography. *J. Chromatogr., A* 793, 265-274
 18. Reeves, P.G., Nielson, F.H. and Fahey Jr, G.C. (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. Folch, J., Lees, M. and Sloane-Stanley, G.H. (1957) A simple method for the isolation and purification of total lipides from animals tissues. *J. Biol. Chem.*, 226, 497-509
 20. Noh, S.K and Koo, S.I. (1997) The lymphatic absorption of lipids is normalized by enteral phosphatidylcholine infusion in ovariectomized rats with estrogen replacement. *J. Nutr. Biochem.*, 8, 152-161
 21. Tso, P. and Fujimoto, K. (1991) The absorption and transport of lipids by the small intestine. *Brain Res. Bull.*, 27, 477-482
 22. Leslie, E.M., Mao, Q., Oleschuk, C.J., Deeley, R.G. and Cole, S.P. (2001) Modulation of multidrug resistance protein 1 (MRP1/ABCC1) transport and ATPase activities by interaction with dietary flavonoids. *Mol. Pharmacol.*, 59, 1171-1180
 23. Conseil, G., Baubichon-Cortay, H., Dayan, G., Jault, J.M., Barron, D. and Di Pietro, A. (1998) Flavonoids: a class of modulators with bifunctional interactions at vicinal ATP- and steroid-binding sites on mouse P-glycoprotein. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 95, 9831-9836

(접수 2008년 2월 5일, 채택 2008년 4월 25일)