

Effect of Tumeric (*Curcuma longa*) on Bile Acid and UDP-glucuronyl Transferase Activity in Rats Fed a High-fat and -cholesterol Diet

Min-Sun Kim¹, Sung-Sik Chun¹, Sang-Hun Kim² and Jung-Hwa Choi^{3*}

¹Department of Food Science, International University of Korea, Gyeongnam 660-759, Korea

²Department of Food and Nutrition, International University of Korea, Gyeongnam 660-759, Korea

³Department of Microbiology and Immunology, Pusan National University School of Medicine, Yangsan 626-870, Korea

Received June 8, 2012 / Revised July 4, 2012 / Accepted July 17, 2012

The current study examined the effect of turmeric powder on bile acid and UDP-glucuronyl transferase activity in rats fed a high-fat and -cholesterol diet. Sprague-Dawley male rats weighing 120±10 g were randomly assigned to a normal diet group (N group) and a high-fat and -cholesterol diet group (HF group), which was further divided into a high-fat and high-cholesterol with a 2.5% turmeric powder supplement group (TPA group) and 5% turmeric powder-supplemented group (TPB group). Body weight gain and food efficiency ratio were significantly increased in the N group as compared to the HF group, but they were significantly decreased in turmeric-supplemented groups as compared to the HF group. The total serum cholesterol and TG contents of the turmeric-supplemented groups were decreased as compared to those of the HF group. Especially, the TPB group was significantly decreased as compared to the HF group. The serum LDL-cholesterol and AI of the turmeric-supplemented groups were decreased as compared to the HF group. The hepatic triglyceride contents of all groups supplemented with the turmeric powder were significantly decreased as compared to the HF group. The hepatic UDP-glucuronyl transferase activity of the turmeric-supplemented groups was increased as compared to the HF group. In particular, the TPB group was significantly increased as compared to the HF group. The serum total bile acid contents of the turmeric-supplemented groups were increased as compared to the HF group. These results suggest that turmeric has powerful health benefits that are created via UDP-glucuronyl transferase activity, bile acid, and lipid metabolism.

Key words : Tumeric, curcumin, UDP-glucuronyl transferase activity (UDP-GT), total bile acid, cholesterol

서 론

최근 우리나라는 생활의 변화로 동물성 포화지방, 고칼로리 식품의 섭취 등 지방 섭취량이 증가함에 따라 고콜레스테롤, 성인병, 동맥경화, 고혈압 등 순환기계 질환이 점차 증가되고 있는 추세다. 뿐만 아니라 순환기계 질환이 한국인 사망원인의 30% 이상을 차지하고, 주요 위험인자인 고지혈증 또한 빠른 속도로 증가하고 있으며[3], 심혈관계 질환에서는 혈중 콜레스테롤, 중성 지질의 증가 및 지단백 함량의 변화와 같은 비정상적인 지질대사가 문제시 되고 있다. 질환의 발병 원인은 지질대사 이상으로 나타나게 되는데, 그중에서 고콜레스테롤혈증(hypercholesterolemia) 뿐만 아니라 고 탄수화물식으로 인한 당질유도성 고 중성지질혈증(hypertriglyceridemia)으로 유발된다는 보고가 있다[18]. 혈중 콜레스테롤의 농도 조절은 콜레스테롤의 흡수, 생합성, 담즙산으로의 합성과 배설, 조직으로의 분배 등 복합적인 기전들의 상호작용에 의하여

이루어진다[14]. 식사로부터 섭취된 콜레스테롤은 간으로 운반된 후 일부는 담즙산을 형성하며 담즙산은 소장으로 분비되어 지방을 유화시켜 소화를 촉진하고 다시 간으로 흡수되는 장간순화를 하며, 또한, 지방 분해산물과 콜레스테롤의 유하는 담즙산의 생리적 기전이며, 이 담즙산 pool은 담즙산의 장간 재순환과 콜레스테롤 전구체로부터 담즙산의 합성에 의해 만들어진다[15]. 이는 담즙산이 콜레스테롤로부터 합성되는 물질로서 체내 콜레스테롤이 체외로 배설되는 유일한 경로이다. 콜레스테롤 대사 과정 가운데 간의 콜레스테롤을 제거하기 위한 담즙합성을 위해 포함 빌리루빈 및 UDP-glucuronyl transferase (UDP-GT) 활성이 증가되고 콜레스테롤의 이용을 증가시켜 조직과 혈중의 콜레스테롤을 저하시키는 기능으로 본다[19,25].

울금(*Curcuma longa* L, tumeric)은 우리나라에서 예로부터 고지혈증의 민간요법에 쓰이는 약재로, 원산지는 인도, 중국 및 일본 등으로 생강과의 다년초로서 고온다습한 남부 아시아, 아프리카 및 중남미에 자생하고 있다. 울금의 대표적인 성분인 커큐민(curcumin)은 고지혈 모델에서 담즙분비 촉진을 통하여 혈중 콜레스테롤 농도를 감소시키는 것으로 보고되

*Corresponding author

Tel : +82-55-751-8326, Fax : +82-55-751-8206

E-mail : jhappychoi@hanmail.net

었다[21]. 최근 울금에 대한 여러 연구가 활발히 이루어지고 있는데 이와 관련된 보고로는 명일엽과 울금 추출물의 투여가 고콜레스테롤 식이와 P-407로 유도한 고지혈증쥐의 혈중 지질 대사 효과가 우수함을 보고[16]하였으며, 발효울금의 투여가 마우스의 간 기능 및 혈중 지질함량에 혈중지질을 효과적으로 개선하였다는 연구[13] 등이 보고되고 있다. 또한, 울금의 활성 성분인 커큐민은 콜레스테롤 수치를 감소시키며, 담즙분비를 촉진시키고[11], 콜레스테롤의 생합성에 관여하는 squalene synthase 억제작용 및 간에 축적된 콜레스테롤 수치를 저하시킨다고 알려졌으나[6,29], 울금과 관련되어 UDP-glucuronyl transferase (UDP-GT) 활성과 담즙산의 함량에 관한 연구는 아직 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 울금의 지질대사 개선효과를 입증하고자 고지방 및 고콜레스테롤 식이를 공급한 흰쥐에게 울금 분말을 공급한 후, 체내 혈청 및 분변에서의 지질 함량, 간조직의 UDP-glucuronyl transferase 활성 및 bile acid 함량 측정을 통하여 울금의 지질대사 효과를 규명하고자 하였다.

재료 및 방법

울금 추출물 분말 제조

본 연구에 사용한 울금은 진도에서 제공받아 열풍건조기를 이용하여 85~80℃로 건조하였다. 울금은 분쇄기(대성파워 믹서/분쇄기DA-280G, Seoul, Korea)로 분쇄한 울금 당 중량대비 6 배에 해당하는 증류수(w/v)를 가하여 95℃에서 24시간 추출한 후, 위와 같은 조건으로 3회 반복하고 상등액을 모아

여과지(Whatman No. 1)로 여과하였다. 여과한 여액은 rotary vacuum evaporator (HS-2001N, Hanshin Science CO. Korea)를 사용하여 감압 농축하고, 동결건조기(Bondiro, Ilshin, Korea)로 건조하여 사용하였다(각각의 추출물에 대한 수율은 추출 전의 시료 무게에 대한 동결 건조 후 추출물의 무게를 측정하여 나타내었음). 본 연구에서 사용한 울금 분말은 추출한 후 동결건조시켜 조제하였다.

실험동물 사육 및 식이조성

본 실험에 사용된 동물은 체중 100±10 g 내외의 Sprague-Dawley 중 수컷을 (주)바이오 제노믹스사(Bio genomics, Inc., Seoul, Korea)에서 구입하여 사용하였다. 실험식이 시작 전 일주일간 일반배합사료(Purina Co., Seoul, Korea)로 예비사육한 후 평균체중이 유사하도록 난괴법(randomized complete block design)에 의해 대조군과 실험군으로 나눈 후 Table 1과 같이 나누어 4주간 사육하였다. 실험기간 중 식이는 4℃에서 보관하였으며, 매일 일정 시간에 공급하여 자유로이 섭취하게 하였다. 사육실의 온도는 22±2℃, 상대습도 50±10%를 유지하였다. 식이 group은 정상군(N group)과 1% 고지방·고콜레스테롤 식이 실험군으로 나눈 후 고지방·고콜레스테롤 실험군은 고지방·고콜레스테롤 대조군(HF group), 고지방·고콜레스테롤식이 +2.5% 울금분말 공급군(TPA group), 고지방·고콜레스테롤식이 +5% 울금분말 공급군(TPB group)으로, 군당 10마리로 총 4군으로 나누어 사육하였다.

Table 1. Compositions of experiment groups

Ingredients	Groups ¹⁾	(g/kg diet)			
		N	HF	TPA	TPB
Corn starch		539	429	404	379
Casein		200	200	200	200
Sucrose		100	100	100	100
Corn oil		60	60	60	60
Mineral mixture ²⁾		35	35	35	35
Vitamin mixture ³⁾		10	10	10	10
Cellulose		50	50	50	50
DL-methionine		3	3	3	3
Choline Chloride		3	3	3	3
Lard		-	100	100	100
Cholesterol		-	10	10	10
Tumeric		-	-	25	50
Total		1,000	1,000	1,000	1,000

¹⁾N: Normal diet.

HF: High fat and cholesterol diet.

TPA: High fat and cholesterol diet + 2.5% turmeric powder.

TPB: High fat and cholesterol diet + 5% turmeric powder.

²⁾AIN-76 mineral mixture (g/kg mixture).

³⁾AIN-76 vitamin mixture (g/kg mixture).

체중증가량, 식이섭취량 및 식이효율

식이섭취량은 전 실험기간동안 매일 일정시간에 측정하였으며, 체중은 3일에 한 번씩 일정시간에 측정하였다. 식이효율 (food efficiency ratio, FER)은 전 체중증가량을 같은 기간 동안의 식이섭취량으로 나누어 줌으로 계산하였다.

혈액 및 장기의 채취

사육기간 완료 후 실험동물을 12시간 절식시키고 가벼운 ether 마취 하에서 복부대동맥으로부터 혈액을 채취하였다. 그 후 즉시 간을 채취하여 생리식염수로 헹군 다음 거르로 수분을 제거하고 무게를 측정 후 액체질소로 급속 동결시켜 -80℃에 보관하였다.

분변수집 및 배설량 측정

실험기간 중 4주째에 3일간 대사 cage에서 분변을 수집하여 건조건의 무게를 칭량하였다. 분변은 -70℃ 급속냉동실에서 항량에 달할 때까지 건조시킨 다음 건조중량을 칭량한 후 분변 sterol 측정 시까지 -80℃ 냉동고에 보관하였다.

혈청의 중성지방, 총콜레스테롤, HDL-콜레스테롤, LDL-콜레스테롤의 함량과 동맥경화지수(atherogenic index, AI) 측정

혈청 내 중성지방 함량은 표준 효소법에 의한 kit (Asan Co., Gyeonggi, Korea)를 사용하여 550 nm에서 흡광도를 측정하여 계산하였다. 총콜레스테롤 함량은 표준 효소법에 의한 kit (Asan Co., Gyeonggi, Korea)를 사용하여 500 nm에서 흡광도를 측정하여 계산하였다. 그리고 HDL-콜레스테롤 함량은 2% dextran sulfate 용액과 1 M의 MgCl₂ 침전액을 1:1로 혼합하여 12,000 rpm에서 8분간 원심분리하여 그 상층액을 표준 효소법에 의한 kit (Asan Co., Gyeonggi, Korea)를 사용하여 500 nm에서 흡광도를 측정하여 함량을 계산하였다. 혈청 LDL-콜레스테롤 함량은 Friedewald의 계산법[9]으로, 혈청 동맥경화지수(AI)는 Fiordaliso [7]의 계산법으로 각각 산출하였다.

간조직의 총지질, 중성지방 및 총콜레스테롤 함량 측정

간조직의 총지질의 함량은 Folch [8] 등의 방법에 의해 추출하여 정량하였고, 간조직 지질의 정량에서는 Sale [23] 등의 수정된 방법으로 측정하였다. 중성지방과 콜레스테롤 측정용 효소시액에 유화제로서 0.5% Triton X-100과 3 mM sodium cholate를 혼합하여 발색 시 일어나는 탁도(turbidity)를 제거하여 간조직의 triglyceride와 cholesterol 농도를 550 nm와 500 nm에서 각각 흡광도를 측정하였다.

분변의 총콜레스테롤과 중성지질 함량 측정

실험 전 마지막 3일간의 변의 wet 무게를 측정 후 동결건조기(-70℃)에서 함량에 도달할 때까지 냉동 건조시킨 뒤 건조

중량을 측정하여 변 중의 수분함량을 계산하였다.

변의 총 지질 배설량은 Folch [8] 등의 방법에 의해 정량하였고, 콜레스테롤은 Pearson [20] 등의 방법에 의해 550 nm에서 정량하였다.

혈청 중의 total bile acid 농도 측정

혈중 total bile acid (TBA) 농도 측정은 rat total bile acid elisa kit (Cusabio, USA)를 이용하여 FLUO star OPTIMA 제품의 BMG LABTECH ELISA reader 장비로 측정하였다.

간의 UDP-glucuronyl transferase 활성 측정

간 microsome [28]에서 UDP-glucuronyl transferase 활성도는 Reinke [22] 등의 방법으로 측정하였다. 시험관에 working substrate용액(0.05 M phosphate buffer (pH 7.0) 3 ml, 15 mM UDP-glucuronic acid 1 ml, 10 mM MgCl₂ · H₂O 1 ml, 0.2% bovin albumin 1 ml, 0.5%(v/v) Triton X-100 1 ml) 0.8 ml을 가하여 3분간 preincubation 시킨 후 0.15 M KCl로 현탁시킨 microsome 시료와 증류수 0.2 ml를 가하여 37℃에서 20분간 반응시킨다. 그 후 0.3 N perchloric acid 0.5 ml를 가하여 2,000 rpm에서 15분간 원심분리하여 상층액 0.5 ml를 취하여 1.6 M glycine buffer (pH 10.3) 2.0 ml를 가하여 436 nm에서 흡광도를 측정하였다.

통계처리

모든 실험결과에 대한 통계처리는 각 실험군 별로 평균값의 차이가 있는가를 검증하기위해 분산분석(ANOVA 검증)을 수행하였으며 분산분석결과 유의성이 발견된 경우 Tukey's HSD test에 의해 군 간의 유의도를 분석하였다.

결과 및 고찰

체중증가량, 식이섭취량 및 식이효율

울금 분말의 농도별 실험에서 체중증가량, 식이섭취량 및 식이효율을 관찰한 결과는 Table 2와 같다. 체중증가량은 정상군에 비해 고지방·고콜레스테롤 군에서 유의적으로 증가하였으나, 울금 분말을 공급한 군에서는 고지방·고콜레스테롤 군에 비해 유의적이지는 않았으나 체중이 감소하는 경향을 보였다. 식이섭취량에서는 정상군에 비해 고지방·고콜레스테롤 군에서 증가하였고, 식이효율 또한 유사한 경향을 나타내었다. Kim 등[21]의 보고에 의하면 울금군과 복합조성물 투여군에서 식이 섭취의 감소가 나타났는데, 이는 울금 특유의 향미 성분이 실험동물의 식욕에 영향을 주었을 가능성이 있는 것으로 보인다고 보고하였다. 따라서 본 실험 결과도 위의 보고와 비슷한 경향으로 울금의 향미성분 때문에 체중감소의 효과가 나타난 것으로 사료된다.

Table 2. Effect of tumeric powder on body weight gain, food intake and food efficiency ratio (FER) in rats fed high fat and cholesterol diets

Groups	Body weights (g)	Food intake (g/day)	FER (%)
N	134.4±11.45 ^b	18.99±0.509 ^{NS1)}	0.392±0.050 ^{NS}
HF	158.4±5.610 ^a	19.44±0.027	0.453±0.024
TPA	156.7±3.031 ^a	18.35±3.497	0.451±0.019
TPB	154.7±3.810 ^{ab}	18.42±3.607	0.475±0.027

혈중의 중성지질 함량, 총콜레스테롤, HDL-cholesterol, LDL-cholesterol 및 동맥경화지수(AI)

혈중의 총콜레스테롤 및 중성지질의 함량을 분석한 결과는 Table 3과 같다. 총콜레스테롤 함량은 정상군에 비해 고지방·고콜레스테롤 군에서 유의적으로 증가하였다. 올금 분말을 공급한 모든 군에서 고지방·고콜레스테롤 군에 비해 모두 감소하였고, 특히 TPB 군에서 유의적으로 감소하는 경향을 보였다. 중성지질 또한 정상군에 비해 고지방·고콜레스테롤 군은 유의적으로 증가되었고, 고지방·고콜레스테롤 군에 비해 올금 분말 공급군 모두가 유의적으로 감소하였다. 올금의 대표적인 성분인 커큐민은 고지혈 모델에서 담즙분비 촉진을 통하여 혈중 콜레스테롤 농도를 감소시키는 것으로 보고[1]되어 있다. 이러한 결과를 볼 때, 올금 분말의 공급이 혈중의 콜레스테롤을 저하시키고 중성지질의 농도를 저하시키는데 영향을 미치는 것으로 사료된다. Yun 등[31]의 연구에서는 명일엽과 올금 추출물의 섭취는 혈중지질을 바람직한 방향으로 변화시켜 심혈관 질환의 예방에 도움이 될 수 있을 것으로 생각된다고 보고하였다. 또한 올금 및 발효올금이 혈중지질을 효과적으로 개선하였다는 Kang 등[13]의 보고와도 유사함을 알 수 있었다. HDL-cholesterol 수준을 분석한 결과(Table 3), HDL 콜레스테롤은 정상군에 비해 고지방·고콜레스테롤 군에서 유의적으로 감소하였고, 올금 분말 공급군에서는 고지방·고콜레스테롤 군에 비해 증가하였지만 유의적인 차이는 보이지 않았다. 반면, LDL-cholesterol은(Table 3) 고지방·고콜레스테롤에서 정상군에 비해 유의적으로 증가하였으나, 올금 분말 공급군에서는 고지방·고콜레스테롤에 비해 유의적인 차이는 없었지만 감소하는 경향을 보였다. 또한 동맥경화지수(AI)(Table 3)에서는 정상군에 비해 고지방·고콜레스테롤에서 유의적으로 증가되었으며 올금 분말을 공급한 모든 군에서 유의적이지는 않았지만 감소하는 경향을 보였다. LDL-choles-

terol은 혈청 중 콜레스테롤의 주된 운반형태로 동맥 내 혈관 벽에 콜레스테롤을 축적하여 동맥경화증과 심혈관계질환의 발병에 중요한 위험인자로 알려져 있다[10]. 그러나 본 연구에서는 올금 분말을 5% 투여한 TPB 군에서는 총 콜레스테롤 감소에 비해 LDL-cholesterol 수치가 감소하는 경향을 나타내었다. Kang 등[13]에서도 발효올금의 경우 총 콜레스테롤 및 LDL-cholesterol을 효과적으로 감소시킬 뿐만 아니라 HDL-cholesterol을 효과적으로 증가시켜 혈중 지질 함량의 개선효과가 뛰어난 것으로 보고되었고, Sin과 Han [26]의 연구에서는 혈청 콜레스테롤 농도가 혈소판 응집을 억제함으로써 동맥경화증을 예방할 수 있다고 보고하였다. 본 실험의 결과에서도 올금 분말을 공급함으로써 지질 함량이 감소하는 것으로 보아 고지방·고콜레스테롤 식이에 의한 혈중의 고혈압, 동맥경화 등의 심혈관계의 질환의 발병을 낮추는데 효과가 있을 것으로 판단된다.

간조직의 총지질, 중성지방 및 총콜레스테롤 함량 측정

간조직의 지질성분을 관찰한 결과는 Table 4와 같다. 간조직의 총 지질함량을 관찰한 결과 고지방·고콜레스테롤 군에 비해 올금 분말 공급군 모두에서 감소하였고, 특히 TPB군에서는 고지방·고콜레스테롤 군에 비해 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다. 중성지질의 함량은 정상군에 비해 고지방·고콜레스테롤 군에서 유의적으로 증가하였고, 고지방·고콜레스테롤 군에 비해 올금 분말 공급군 모두에서 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다. 콜레스테롤 함량에서는 정상군에 비해 고지방·고콜레스테롤 군에서 유의적으로 감소하였고, 올금 분말을 공급한 모든군에서는 고지방·고콜레스테롤에 비해 감소하였으나 유의적인 차이는 없었다. 일반적으로 지방 또는 콜레스테롤의 섭취에 의해 간 조직에서 지질대사의 이상이 초래되어 지질의 침착에 의해 간의 무

Table 3. Effect of tumeric powder on serum triglyceride, total cholesterol, HDL-cholesterol, LDL-cholesterol and atherogenic index (AI) in rats fed high fat and cholesterol diets

Groups	Total cholesterol	TG	HDL-cholesterol (mg/dl)	LDL-cholesterol	AI
N	87.97±6.73 ^b	76.37±4.14 ^b	54.69±3.93 ^a	12.25±5.34 ^b	0.37±0.150 ^b
HF	121.9±14.07 ^a	101.5±9.32 ^a	36.95±0.88 ^b	54.45±17.9 ^a	1.75±0.50 ^a
TPA	100.7±8.35 ^{ab}	82.88±3.10 ^b	37.84±2.60 ^b	51.74±11.0 ^a	1.67±0.36 ^a
TPB	93.49±5.52 ^b	79.16±5.50 ^b	39.91±1.87 ^b	41.59±7.13 ^a	1.61±0.33 ^a

Table 4. Effect of tumeric powder on liver total lipid, triglyceride and total cholesterol in rats fed high fat and cholesterol diets

Groups	Total lipid	Triglyceride (mg/ml)	Total cholesterol
N	0.015±0.002 ^c	28.89±8.89 ^c	4.89±0.32 ^b
HF	0.046±0.003 ^a	176.94±9.53 ^a	21.59±1.44 ^a
TPA	0.037±0.010 ^{ab}	104.57±19.12 ^b	20.34±2.64 ^a
TPB	0.035±0.005 ^b	101.15±19.84 ^b	19.94±1.16 ^a

게가 증가하고 간에서의 지질과 콜레스테롤 함량이 증가한다는 여러 연구[4,17]에서와 같이 고지방·고콜레스테롤로 유도된 비만 쥐에서 울금 분말의 공급은 지질의 흡수를 지연시키거나 억제하여 지질대사의 개선에 효과적으로 작용했을 것으로 사료되어진다.

분변의 총콜레스테롤 및 중성지방 함량

Table 5는 분변의 총콜레스테롤 및 중성지질의 함량을 나타낸 결과이다. 분변의 총 콜레스테롤 함량은 고지방·고콜레스테롤에서에 비해 울금 분말을 공급한 군에서는 증가되었으나 그 차이는 다소 적었다. 중성지방의 함량 또한 정상군에 비해 고지방·고콜레스테롤 군에서 증가되었고, 울금 분말을 공급한 군에서는 고지방·고콜레스테롤 군에 비해 유의적이지는 않았지만 증가하는 경향을 보였다. 울금에 함유된 식이섬유는 소장에서 콜레스테롤과 담즙산의 재흡수를 저해하는데 식이섬유가 소화기에서 콜레스테롤 및 담즙산과 직접 결합하므로써 흡수가 억제되어 분변으로의 배설이 증가된다고 밝혀진 바 있다[30]. 이와 같이 울금 분말을 공급함으로써 고지방·고콜레스테롤 군에 비해 변으로서의 중성지질의 배설량이 증가하는 것을 볼 때 체내의 지질저하 효능이 있을 것으로 추측된다.

혈청 중의 total bile acid 함량

체내 콜레스테롤 대사의 최종 산물인 담즙산 함량을 측정한 결과 Fig. 1과 같다. 혈청 중의 담즙산 농도가 고지방·고콜레스테롤 군에 비해 울금 분말을 공급한 TPA, TPB 군에서 유의적으로 증가하였으며, 이러한 효과는 울금 5%를 공급한 TPB 군에서 현저하였다. 이는 Cha 등[5]의 연구에서 함초에 다량 함유된 식이섬유에 의해 콜레스테롤로부터 간 내의 콜레스테롤로부터 담즙산의 합성을 증가시켜 혈중으로 분비를 증가시

Table 5. Effect of tumeric powder on fecal total cholesterol and triglyceride in rats fed high fat and cholesterol diets

Groups	Total cholesterol (mg/day)	Triglyceride
N	30.31±7.310 ^{NS}	108.7±22.89 ^{NS}
HF	31.58±4.616	122.6±20.25
TPA	32.60±2.876	135.5±17.48
TPB	35.27±4.100	152.5±18.14

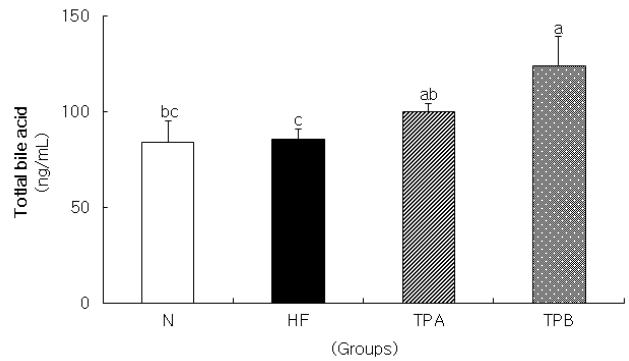


Fig. 1. Effect of tumeric powder on serum bile acid in rats fed high fat and cholesterol diets. All values are mean±SE (n=10). Values with different letters are significantly different at p<0.05 by Tukey's test. The experimental groups are the same as Table 1.

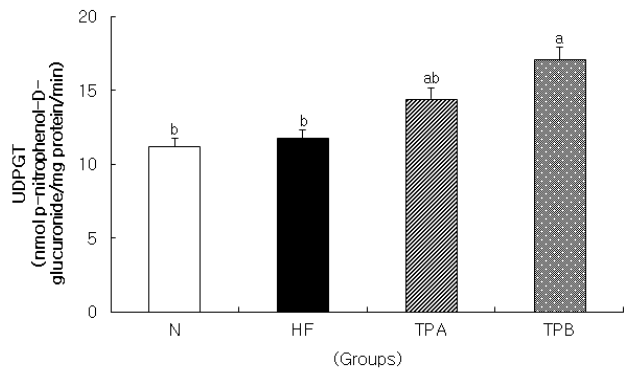


Fig. 2. Effects of tumeric powder on hepatic UDP-glucuronyl transferase activities in rats fed high fat and cholesterol diets. All values are mean±SE (n=10). Values with different letters are significantly different at p<0.05 by Tukey's test. The experimental groups are the same as Table 1.

킨 연구와 비슷한 경향을 보였다. 울금 또한 다량의 식이섬유의 작용에 의하여 혈중으로 담즙산의 분비를 증가시킨 것으로 추측된다.

간의 UDP-glucuronyl transferase 활성

UDP-glucuronyl transferase는 UDP-glucuronic acid를 glucuronic acid로 전환 촉매하는 내인성, 외인성 화합물의 해독기전에 중요한 효소로 담즙합성에 필요한 황색 담즙 색소인

bilirubin의 생성에 관여한다[2,24]. 간의 담즙대사와 관련된 glucuronidation을 알아보기 위해 UDP-glucuronyl transferase (UDP-GT) 활성을 관찰한 결과는 Fig. 2와 같다. 정상군에 비해 고지방·고콜레스테롤 군에서 증가되었고, 고지방·고콜레스테롤 군에 비해 울금 분말을 공급한 TPA군과 TPB군에서 증가되었다. 특히 울금 분말 5%를 공급한 TPB 군은 고지방·고콜레스테롤 군에 비해 유의적으로 증가되어 가장 높은 활성을 나타내었다. Song 등[27]의 연구에서는 폴리페놀의 함량이 뛰어난 고추씨 에탄올 추출물의 섭취로 인해 고지방·고콜레스테롤 식이로 증가된 콜레스테롤을 감소시킨 연구와 비슷한 경향을 보였다. 이는 울금 또한 폴리페놀 함량이 뛰어나다는 Jang [12]의 연구결과와 유사함을 알 수 있었다. 따라서 울금 파우더를 공급함으로써 간에 증가된 콜레스테롤을 제거하기 위해 담즙합성을 위한 UDP-GT의 활성이 증가되었을 것으로 판단된다.

References

- Arafa, H. M. 2005. Curcumin attenuates diet-induced hypercholesterolemia in rats. *Med Sci. Monit.* **11**, 28-234.
- Bandary, S. and Reddy, B. S. 1981. Diet and excretion of bile acids. *Cancer Res.* **41**, 3766-3768.
- Byun, J. H. 1995. The goals and strategy for health promotion. Korean Institute for Health and Social Affairs.
- Cha, J. T., Cho, Y. S. and Kim, D. J. 2001. Effect of chicory extract on the lipid metabolism in rats fed high fat diet. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **30**, 1220-1226.
- Cha, J. Y., Jeon, B. S., Park, J. W., Kim, B. K., Jeong, C. Y., Ryu, J. S., Choi, C. K. and Cho, Y. S. 2004. Hypocholesterolemic effect of yogurt supplemented salicornia herbacea extract in cholesterol-fed rat. *J. Life Sci.* **5**, 747-751.
- Choi, S. W., Yang, J. S., Lee, H. S., Kim, K. S., Bai, D. H. and Yu, J. H. 2003. Characterization of squalene synthase inhibitor isolated from *Curcuma longa*. *Korea J. Food Sci. Technol.* **35**, 297-301.
- Fiordaliso, M., Kor, N., Kesager, K. P., Goethals, F., Deboyser, K., Roberfoid, M. and Kelzenne, N. 1995. Kietary oligofructose lowers triglycerides, phospholipids and cholesterol in serum and very low density lipoproteins of rats. *Lipids* **30**, 163-167.
- Folch, J. M., Lees, M. and Stanley, G. H. S. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipid from animal tissue. *J. Biol. Chem.* **26**, 497-509.
- Friedewald, W. T., Levy, R. I. and Fredrickson, D. S. 1972. Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clin. Chem.* **18**, 499-502.
- Gordon, T., Castelli, W. and Dawber, T. 1981. Lipoprotein, cardiovascular disease and death, the Framingham study. *Arch. Inter. Med.* **14**, 1128-1135.
- Govinidaragan, V. S. 1980. Tumeric-chemistry, technology and quality, *CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* **12**, 199-201.
- Jang, I. W. 2008. Physiological activities of fermented turmeric. MS. Thesis, Woosuk University.
- Kang, J. K., Kang, H. Y., Seo, J. H., Kim, S. O. and Choi, J. H. 2009. Effects of fermented turmeric (*Curcuma longa*) by *Bacillus natto* supplementation on liver function and serum lipid parameters in mice. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **38**, 430-435.
- Kesaniemi, Y. A. and Miettinen, T. A. 1987. Cholesterol absorption efficiency regulates plasma cholesterol level in the finnish population. *Eur. J. Clin. Invest.* **17**, 391-395.
- Kim, S. O., Rhee, I. L. and Rhee, S. J. 2001. Effectsof dietary xylooligosaccharide on hepatic UDP-glucuronyl transferase activity and compositions of fecal sterols in rat high cholesterol diets. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **30**, 1197-1203.
- Kim, T. H., Son, Y. K., Hwang, K. H. and Kim, M. H. 2008. Effect of *Angelica keiskei* Koidzumi and turmeric extract supplementation on serum lipid parameters in hypercholesterolemic kiet or p-407-induced hyperlipidemic rats. *J. Nutr.* **37**, 708-713.
- Oh, S. W., Lee, C. U. and Koh, J. B. 2004. Effects of *Agaricus blazei* Murill on lipid metabolism in rats fed high fat diet. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **33**, 821-826.
- Park, Y. H., Lee, J. S. and Lee, Y. J. 1993. Distribution of serum lipid by age and the relation of serum lipid to degree of obesity and blood pressure in Korean adults. *Kor. J. Lipid* **3**, 165-180.
- Paul, J. A. 1979. Lipophilicity of acceptor substrate as a factor in late foetal rat liver microsomal UDP-glucuronosyltransferase activity. *Biochem. Pharmacol.* **29**, 999-1006.
- Pearson, S., Stern, S. and McGarac, T. H. 1953. A rapid accurate method for the determination of total cholesterol in serum. *Anal. Chem.* **25**, 813-814.
- Rao, D. S., Sekhara, N. C., Satyanarayana, M. N. and Srinivasan, M. 1970. Effect of curcumin on serum and liver cholesterol levels in the rat. *J. Nutr.* **100**, 1307-1900.
- Reinke, L. A., Moyer, M. J. and Nottley, K. A. 1986. Diminished rats of glucuronidation and sulfation in perfused rat liver after chronic ethanol administration. *Biochem. Pharmacol.* **35**, 439-447.
- Sale, F. D., Marchesini, S., Fishman, P. H. and Berra, B. 1984. A sensitive enzymatic assay for determination of cholesterol in lipid extracts. p 347-350, Academic Press Inc, New York.
- Scragg, I., Celier, C. and Burchell, B. 1985. Congenital jaundice in rats due to the absence of hepatic bilirubin UDP-glucuronyltransferase enzyme protein. *FEBS Lett.* **183**, 37-42.
- Singhal, A. K., Finver-Sadowsky, J., Mcherry, C. K. and Mosbach, E. H. 1983. Effect of cholesterol and bile acids on the regulation of cholesterol metabolism in hamster. *Biochem. Biophys. Acta.* **752**, 211-222.
- Sin, M. K. and Han, S. H. 2001. Effects of methanol extracts from phaseolus vulgaris on serum lipid concentrations in rats fed high fat and cholesterol diet. *Korean J. Food Sci. Technol.* **1**, 113-116.
- Song, W. Y., Kim, Y. N., Chun, S. S., Ku, K. H. and Choi, J. H. 2011. Effect of ethanol extracts from red pepper

- (*Capsicum annuum* L.) seeds on cholesterol adsorption capacity and UDP-glucuronyl transferase activity. *Korean J. Life Sci. Nutr.* **21**, 829-837.
28. Song, W. Y., Sung, B. H., Kang, S. K. and Choi, J. H. 2010. Effect of water extracts from phellinus linteus on lipid composition and antioxidative system in rats fed high fat high cholesterol diet. *Korean J. Food Sci. Nutr.* **39**, 71-77.
29. Sung, H. K., Choi, S. H. and Ahn, K. S. 1999. Study on the effects of curcumin on angiogenic inhibition mechanism. *Korean J. Oriental Med. Pathol.* **13**, 66-78.
30. Vahouny, G. V., Toy, T., Gallo, L. L., Story, J., Kritechevsky, D., Cassidy, M., Grund, B. M. and Treadwell, C. R. 1978. Dietary fiber and lymphatic absorption of cholesterol in the rat. *Am. J. Clin. Nutr.* **34**, 208-212.
31. Yun, S. J., Yeon, J. Y., Kim, M. H., Kang, M. H., Kim, T. H., Son, Y. K. and Kim, M. H. 2009. The effects of *Angelica keiskei* Koidzumi and turmeric extract supplementation on the blood lipids and antioxidant and inflammatory markers in hypercholesterolemic adults in Korea. *Korean J. Food Nutr.* **4**, 517-525.

초록 : 울금(*Curcuma longa* L.)이 고지방·고콜레스테롤 식이 흰쥐에서의 담즙산 및 UDP-glucuronyl transferase 활성에 미치는 영향

김민선¹·전성식¹·김상현³·최정화^{2*}

(¹한국국제대학교 식품과학과, ²한국국제대학교 식품영양학과, ³부산대학교 의학전문대학원 미생물학 및 면역학 교실)

본 연구는 울금 분말을 고지방·고콜레스테롤 쥐에 농도별로 2.5% (TPA group), 5% (TPB gorup)의 수준으로 공급하였을 시 담즙산 및 UDP-glucuronyl transferase (UDP-GT) 활성에 미치는 영향을 관찰하였다. 체중증가량은 정상군에 비해 고지방·고콜레스테롤 군에서 유의적으로 증가하였으나, 울금 분말을 공급한 군에서는 체중의 감소가 나타났다. 식이섭취량 및 식히효율에서는 정상군에 비해 고지방·고콜레스테롤 군에서 증가하였다. 총콜레스테롤 함량과 중성지질 함량은 정상군에 비해 고지방·고콜레스테롤 군에서 유의적으로 증가하였다. 혈중의 HDL 콜레스테롤은 정상군에 비해 고지방·고콜레스테롤 군에서 유의적으로 감소하였고, 울금 분말 공급군에서는 고지방·고콜레스테롤 군에 비해 유의적으로 증가하는 경향을 보였다. 반면, LDL 콜레스테롤 및 동맥경화지수(AI)에서는 고지방·고콜레스테롤에서 정상군에 비해 유의적으로 증가하였다. 간조직의 총 지질함량을 관찰한 결과 중성지질의 함량 및 총 콜레스테롤 함량은 정상군에 비해 고지방·고콜레스테롤 군에서 유의적으로 증가하였으며, 고지방·고콜레스테롤 군에 비해 울금 분말 공급군은 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다. 분변의 총 콜레스테롤 함량 및 중성지방 함량은 울금 분말을 공급한 군에 비해 고지방·고콜레스테롤 군에 비해 다소 증가되었다. 혈청 중의 담즙산 농도는 고지방·고콜레스테롤 군에 비해 울금 분말을 공급한 TPA, TPB 군에서 유의적으로 증가 하였으며, UDP-GT활성을 관찰한 결과는 울금 분말 5%를 공급한 TPB 군은 고지방·고콜레스테롤 군에 비해 유의적으로 증가되었을 뿐만 아니라 가장 높은 활성을 나타내었다. 따라서 본 연구의 결과로 미루어 울금은 담즙산 및 UDP-GT의 활성을 높여줌으로써 지질대사의 개선작용을 지니고 있음을 확인할 수 있었다.