

ORIGINAL ARTICLE

울금(*Curcuma longa* L.)이 이상지질혈증 흰쥐의 혈액요소질소(BUN) 및 효소활성에 미치는 영향

오다영 · 강동수¹⁾ · 이영근 · 김한수*

부산대학교 식품공학과, ¹⁾전남대학교 해양바이오식품학과

Effects of Turmeric (*Curcuma longa* L.) Supplementation on Blood Urea Nitrogen and Enzyme Activities in Dyslipidemic Rats

Da-Young Oh, Dong-Soo Kang¹⁾, Young-Geun Lee, Han-Soo Kim*

Department of Food Science and Technology, Pusan National University, Miryang 50463, Korea

¹⁾Department of Marine Bio Food Science, Chonnam National University, Yeosu 59626, Korea

Abstract

The purpose this study was to investigate the influences of 5% turmeric (*Curcuma longa* L.) supplementation on enzyme activities such as aspartate aminotransferase (AST), alanine aminotransferase (ALT), alkaline phosphatase (ALP), lactate dehydrogenase (LDH), amylase, lipase and catalase in serum of dyslipidemic rats. Sprague-Dawley (SD) rats (24 male) were divided into four groups, namely the ND group (normal-nondyslipidemic diet), NT group (normal-nondyslipidemic diet+5% turmeric), DD group (control-dyslipidemic diet), and DT groups (dyslipidemic diet+5% turmeric). Serum concentrations of blood urea nitrogen (BUN), creatinine and uric acid were significantly decreased ($p<0.05$) by turmeric supplementation diet. The activities of AST, ALT, ALP, LDH, amylase and lipase in sera of turmeric diet group were significantly decreased ($p<0.05$). The catalase activity in serum of turmeric supplementation group was significantly increased than dyslipidemic diet ($p<0.05$). *In vivo* experiment with dyslipidemic rats showed that ingestion of turmeric were effective in kidney and hepatic functional enzyme activities. Which suggests that turmeric material could be used for further studies as a potential source for nutraceutical foods.

Key words : Turmeric (*Curcuma longa* L.), Enzyme activities, Blood urea nitrogen, Creatinine, Uric acid

1. 서론

생활 수준의 향상에 따른 서구화된 식생활로 환경적 요인에 의하여 이상지질혈증을 비롯한 신 장애, 고노산 혈증, 통풍(gout) 등의 만성질환이 증가로 인한 개선 방

안이 요구되고 있다(Kang et al., 2002; Wen et al., 2014). 산화적 스트레스는 신장기능 저하와 더불어 호르몬 이상에 의한 전해질 불균형이 발생하며(Manna et al., 2009), 혈액요소질소(Blood Urea Nitrogen, BUN) 및 creatinine 농도와 사구체 여과율(Glomerular Filtration

Received 24 January, 2019; Revised 8 March, 2019;

Accepted 14 March, 2019

*Corresponding author: Han-Soo Kim, Department of Food Science and Technology, Pusan National University, Miryang 50463, Korea

Phone : +82-55-350-5351

E-mail : kimhs777@pusan.ac.kr

The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.

© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Rate, GFR) 등이 신장기능 예후 지표로 이용되는데 (Kwon et al., 2003), BUN 및 creatinine 농도 증가는 급성 뇌졸중과 같은 이상지질혈증(Lin et al., 2015), 죽상동맥경화 및 뇌경색(Schrock et al., 2012), 고혈압성 심장병이 발생할 가능성이 높다고 한다(Akimoto et al., 2011).

또한, 요산(uric acid)은 퓨린체의 대사산물로 농도가 증가하면 고요산혈증(hyperuricemia)이 발생하여 이상 지질혈증, 고혈압, 당뇨, 비만 등 합병증을 유발하고, 허혈성 심장질환이나 뇌혈관 장애의 유병률을 높이는 것으로 알려져 있다(Wu et al., 2016).

울금(*Curcuma longa* L.)은 생강과(Zingiberaceae)에 속하는 다년생 속근성 초본식물로 신장, 간장 및 심장 과 여러 질환의 예방 및 개선에 민간요법적 치료제로 활용되며 인도, 중국 등 아시아에서 자생되는 것으로 알려져 있다(Araujo and Leon, 2001; Mohebbati et al., 2017).

한편, 울금 중에 함유된 calebin-A는 curcuminoid로 혈청 총 콜레스테롤(total cholesterol) 및 중성지질(triglyceride) 농도를 감소시키며, 지방간 방지 작용과 간 기능 효소인 aspartate aminotransferase (AST), alanine aminotransferase (ALT)의 활성을 조절 하는 것으로 보고되어 있다(Lai et al., 2015). 사염화탄소(CC14)로 유발된 흰쥐에 울금 추출물 섭취가 급성 간독성, 간장 스트레스, 지질막 과산화와 간 장애 등에 대한 curcumin, bis-demethoxycurcumin, demethoxycurcumin 과 같은 curcuminoid의 항산화적 mechanism으로 간장 기능 보호 및 개선에 효과적이며 superoxide dismutase (SOD), glutathione peroxidase (GPX), glutathione, lipid peroxidase 활성을 개선시켜 간장, 신장, 심장 등의 산화적 손상으로부터 보호하는 것이라고 보고되어 있다(Lee et al., 2017). Alkaline phosphatase (ALP)는 비타민 D 결핍, 신장성 골형성 장애, 담관 질환인 담즙울혈 과 간질환시 증가된다고 한다(Ryu et al., 2014).

따라서, 본 연구는 5% 울금이 Sprague-Dawley계 이상지질혈증 흰쥐의 혈청 BUN, creatinine 및 요산의 농도와 AST, ALT, ALP, lactate dehydrogenase (LDH), 아밀라아제(amylase), 리파아제(lipase) 및 카탈라아제(catalase) 활성에 미치는 영향을 규명하여 기능성 소재로서의 가치 방안을 제시하기 위하여 실험을 수행하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 실험 재료

전남 진도(Jindo, Jeonnam, Korea) 영농조합법인에서 구입한 울금(*Curcuma longa* L.)은 진공동결건조(EYELA, FDU-2000, Rikakikai Co., Tokyo, Japan) 시킨 후, 분쇄기(HMF-3250S, Han-Il Co., Seoul, Korea)로 마쇄한 다음 -80°C(DF-8514, Il-Shin BioBase Co., Daegu, Korea)에 저장하며 본 실험에 사용하였다.

2.2. 실험 동물

실험 동물은 평균 체중이 200±10 g인 7주령의 Sprague-Dawley (SD)계 수컷 흰쥐(Daehan Biolink Co., LTD, Eumseong, Korea)를 구입하여, 기초식으로 1주일간 예비사육하여 적응시킨 후, 난교법(randomized complete block design)에 의해 나누었다. Metabolic cage (JD-C-71, Jeongdo, Korea)에 각 실험군 당 6마리씩 4군으로 분군하여 5주간 실험사육하였다. 실험사육실의 온도는 20±1°C, 상대습도는 50±10%로 일정하게 유지시켰으며, 명암은 12시간(07:00~19:00) 주기로 조명하였다(Jin et al., 2018). 예비사육 및 실험사육 등 동물 실험은 부산대학교 동물실험윤리위원회의 승인(PNU-2017-1422)과 관리 감독하에 실시되었다.

2.3. 식이조성 및 실험군

기본식이를 급여시킨 정상군(normal-nondyslipidemic)은 ND군, 정상 실험군에 5% 울금 급여군(NT군), 이상 지질혈증 유발 실험군(DD군)인 질환 모델 대조군(control-dyslipidemic)과 질환 실험군(dyslipidemic)에 5% 울금을 섭취시킨 실험군(DT군)으로 나누었다. 식이 조성 및 실험군은 Table 1과 같다.

2.4. 실험 동물의 처치

실험사육 최종일에 7시간 절식시킨 후, 가스마취기(animal inhalation narcosis control, SK-INC-100A, Daejong, Seoul, Korea)를 사용하여 CO₂ gas 마취하에 심장채혈법으로 채혈하였으며, 혈액을 취하여 4°C에서 약 1시간 방치한 후 분당 3,000 cycle로 20분간 원심분리하여 혈청을 취해 실험에 사용하였다(Jin et al., 2018).

2.5. 혈액요소질소(BUN), creatinine 및 요산 농도 측정 혈액요소질소(Blood Urea Nitrogen, BUN)는 효소

Table 1. Compositions of experimental diet and groups

Ingredient	Group ¹⁾			
	ND	NT	DD	DT
Casein (C3400) (Sigma, St. Louis, USA)	22.0	21.7	22.0	21.7
Corn starch (S4126) (Sigma-Aldrich, St. Louis, USA)	48.0	43.3	48.0	43.3
Sucrose (Cheiljedang, Incheon, Korea)	15.0	15.0	15.0	15.0
Cellulose (C8002) (Sigma, St. Louis, USA)	5.0	5.0	4.0	4.0
Mineral mix. ²⁾ (960400) (MP Biomedicals, California, USA)	3.5	3.5	3.5	3.5
Vitamin mix. ³⁾ (960402) (MP Biomedicals, California, USA)	1.0	1.0	1.0	1.0
Soybean oil (Ottogi, Gyeonggi-do, Korea)	5.0	5.0	5.0	5.0
Cholesterol (C8667) (Sigma, St. Louis, USA)	-	-	0.75	0.75
Sodium cholate (S9875) (Sigma, St. Louis, USA)	-	-	0.25	0.25
L-Cystine (34430-0310) (Junsei, Tokyo, Japan)	0.3	0.3	0.3	0.3
Choline bitartrate (C1629) (Sigma, St. Louis, USA)	0.2	0.2	0.2	0.2
Turmeric (<i>Curcuma longa</i> L.)	-	5.0	-	5.0
Total	100.0	100.0	100.0	100.0

¹⁾ND : normal-nondyslipidemic diet (control group).

NT : normal-nondyslipidemic diet+5% turmeric (*Curcuma longa* L.).

DD : control-dyslipidemic diet. DT : dyslipidemic diet+5% turmeric (*Curcuma longa* L.).

²⁾AIN-93G-MX mineral mix. ³⁾AIN-93-VX vitamin mix (MP Biomedicals, Illkirch, France).

법에 의해 조제된 시약(Eiken, Tokyo, Japan)을 사용하여 생화학분석기(Hitachi 7150, Tokyo, Japan)로 분석하였다. Creatinine은 Jaffe reaction 방법에 준하여 조제된 시약(Eiken, Tokyo, Japan)으로 혈액자동분석기(Hitachi 7150, Tokyo, Japan)를 사용하여 분석하였다. 요산(uric acid) 농도의 정량은 효소법에 의해 조제된 시약(Eiken, Tokyo, Japan)을 사용하여 생화학분석기(Hitachi 7150, Tokyo, Japan)로 측정하였다.

2.6. 혈청의 효소활성 측정

Aspartate aminotransferase (AST), alanine amino-transferase (ALT), alkaline phosphatase (ALP) 및

lactate dehydrogenase (LDH) 활성 측정은 효소법에 의해 조제된 시약(Eiken, Tokyo, Japan)을 사용하여 생화학분석기(Hitachi 7150, Tokyo, Japan)로 분석하였다. 아밀라아제(amylase) 활성 측정은 pNPG7법으로 조제된 시약(Amylase, Roche, Indianapolis, USA)을 이용하여 측정 장치(Hitachi Modular, Tokyo, Japan)로 분석하였다. 리파아제(lipase) 활성은 비색법(Colorimetry)에 준하여 조제된 리파아제 측정용 시약(LIPC, Roche, Indianapolis, USA)을 이용하여 생화학분석기(Integra 800, Roche, Basel, Switzerland)를 사용하여 측정하였다. 혈청 중의 카탈라아제(catalase) 활성은 효소법에 의

Table 2. Effects of turmeric (*Curcuma longa* L.) on serum BUN, creatinine and uric acid concentration in dyslipidemic rats (mg/dL)

Group ¹⁾	ND	NT	DD	DT
BUN ²⁾	15.7±1.3 ^{b3)}	12.4±1.5 ^a	22.8±1.3 ^d	19.3±1.4 ^c
Creatinine	0.72±0.01 ^b	0.67±0.02 ^a	0.82±0.02 ^d	0.77±0.01 ^c
Uric acid	1.71±0.06 ^a	1.60±0.08 ^a	2.39±0.12 ^c	2.11±0.11 ^b

¹⁾ND : normal-nondyslipidemic diet (control group).

NT : normal-nondyslipidemic diet+5% turmeric (*Curcuma longa* L.).

DD : control-dyslipidemic diet. DT : dyslipidemic diet+5% turmeric (*Curcuma longa* L.).

²⁾BUN : blood urea nitrogen. ³⁾The data are presented as means±standard deviation of 6 independent rats.

Means with different letters are significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range tests.

해 조제된 시약(Cayman Chemical Company, Ann Arbor, MI, USA)을 이용하여 ELISA reader (Model 550 Microplate Reader, BIO-RAD, USA)로 540 nm 에서 측정하여 mL 당 nmol로 표시하였다.

2.7. 통계 처리

실험 데이터의 통계 처리는 실험군 당 평균값±표준편차($n=6$)로 나타내었다. 결과값 간의 유의성검정은 one-way ANOVA로 분석 후 $p<0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test에 의하여 각 실험군 간의 유의적인 차이를 알아보았으며, 통계처리 프로그램은 IBM SPSS statistic ver. 22를 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 혈액요소질소(BUN) 농도

이상지질혈증 흰쥐의 혈액요소질소(Blood Urea Nitrogen, BUN)의 농도는 Table 2와 같다. 대조군인 ND군에서 15.7±1.3 mg/dL로, 대조군에 5% 울금 급여군인 NT군은 12.4±1.5 mg/dL로 나타났으며, ND군에 비하여 NT군은 유의적인 차이를 보이며 혈청 BUN 농도가 감소된 것으로 나타났다($p<0.05$). 또한, 이상지질혈증 유발군인 DD군에서 22.8±1.3 mg/dL로 나타나 여타 실험군과 비교하여 유의적으로 증가된 농도를 나타내었다($p<0.05$). 이상지질혈증 유발군에 5% 울금의 급여는 19.3±1.4 mg/dL로 이상지질혈증 유발군에 비해 유의적인 감소를 보였다($p<0.05$). BUN 농도는 임상학적 예후를 예측할 수 있는 인자로서, 신장기능 장애로 인한 신호호르몬 및 혈류 변화가 혈액요소질소 농도를 상승시

키는 것으로 보고되어 있다(Aronson et al., 2004). 따라서 본 실험 결과, 혈청 중 BUN의 농도는 5% 울금의 급여로 유의적인 감소를 보이는 것으로 나타났다.

3.2. Creatinine 농도

혈청 creatinine의 농도는 Table 2와 같이, DD군에서 0.82±0.02 mg/dL로 다른 실험군과 비교하여 유의적으로 증가된 농도를 나타내었으나($p<0.05$), 울금 급여군인 DT군에서 0.77±0.01 mg/dL로 유의적인 차이를 보이며 감소된 것으로 확인하였다($p<0.05$). 또한 ND군 및 NT군에서 각각 0.72±0.01 및 0.67±0.02 mg/dL로 측정되었으며, NT군에서 유의적인 차이를 보이며 감소된 것으로 관찰되었다($p<0.05$). Creatinine은 혈액요소질소와 더불어 creatine 및 phosphocreatine이 분해될 때 생성되는 것으로 알려져 있으며(Price and Finney, 2000), BUN과 함께 신장기능 장애 지표로 이용된다고 한다(Price and Finney, 2000; Salazar, 2014). 이에, 울금의 급여는 혈청 creatinine 농도를 감소시켜 신장기능 개선에 도움을 줄 것으로 추정된다.

3.3. 요산(uric acid) 농도

혈청 중의 요산 농도는 Table 2에 표시하였다. 이상지질혈증 유발군(DD군)은 2.39±0.12 mg/dL로 유의적인 차이를 보이며 농도 증가를 나타내었으나($p<0.05$), 5% 울금 급여군(DT군)에서 2.11±0.11 mg/dL로 나타나 유의적인 농도의 감소를 보였다($p<0.05$). 대조군 및 대조군에 5% 울금 급여군에서 각각 1.71±0.06 및 1.60±0.08 mg/dL로 나타났으며, 5% 울금 급여군에서 농도의 감소 효과를 보였으나, 유의적인 차이는 없는 것으로 확인

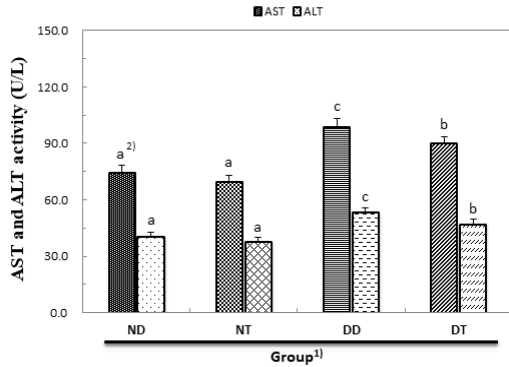


Fig. 1. Effects of turmeric (*Curcuma longa* L.) on serum aspartate and alanine aminotransferase (AST and ALT) activities in dyslipidemic rats.

¹)ND : normal-nondyslipidemic diet (control group).
 NT : normal-nondyslipidemic diet+5% turmeric (*Curcuma longa* L.).
 DD : control-dyslipidemic diet. DT : dyslipidemic diet+5% turmeric (*Curcuma longa* L.).

²)The data are presented as means±standard deviation of 6 independent rats. Means with different letters are significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range tests.

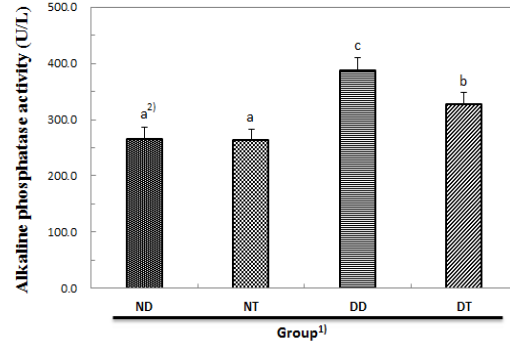


Fig. 2. Effects of turmeric (*Curcuma longa* L.) on serum alkaline phosphatase (ALP) activities in dyslipidemic rats.

¹)ND : normal-nondyslipidemic diet (control group).
 NT : normal-nondyslipidemic diet+5% turmeric (*Curcuma longa* L.).
 DD : control-dyslipidemic diet. DT : dyslipidemic diet+5% turmeric (*Curcuma longa* L.).

²)The data are presented as means±standard deviation of 6 independent rats. Means with different letters are significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range tests.

되었다($p<0.05$). 요산(uric acid)은 통풍(gout)을 비롯한 신장질환 및 고혈압의 병인이 되며, 혈청 요산 농도의 증가는 뇌심혈관계질환, 대사증후군, 관상동맥성질환 및 신장질환과 밀접한 관계가 있는 것으로 알려져 있다(Feig et al., 2008). 삼산화비소로 유발시킨 신독성 흰쥐에 *Curcuma aromatica* 잎 추출물의 급여는 신장기능 장애로 인해 증가된 요산 농도를 조절시켜 신장기능 개선에 효과가 있는 것으로 보고하였다(Saxena et al., 2009). 따라서 본 실험 결과, 이상지질혈증 유발군에 5% 울금 급여는 요산 농도를 감소시켜 지질대사 장애에 의한 신장질환에 효과가 있을 것으로 생각된다.

3.4. Aminotransferase (AST, ALT) 활성

혈청 AST 및 ALT 활성은 Fig. 1과 같으며, AST와 ALT는 유사한 경향으로 나타났다. AST 활성은 이상지질혈증군(DD군)에서 98.7 ± 4.3 U/L로 유의적인 차이로 증가된 활성을 보였다($p<0.05$). 울금 급여(DT군)로 유의적인 감소를 나타내었고($p<0.05$), 대조군인 ND군 및 NT군에서 74.3 ± 4.0 및 69.6 ± 3.6 U/L로 ND군과 비교하였을 때 NT군에서 활성의 감소를 보였지만, 유의적인

차이는 없는 것으로 나타났다($p<0.05$). ALT 활성은 DT군에서 47.0 ± 2.6 U/L로 이상지질혈증 유발군인 53.5 ± 2.3 U/L보다 유의적인 차이를 보이며 활성의 감소를 나타내었다($p<0.05$). ND군 및 NT군에서 40.1 ± 2.4 및 37.4 ± 2.7 U/L로 ND군에 비해 NT군에서 감소된 것으로 나타났지만, 유의적인 차이는 없었다($p<0.05$). 이상지질혈증 유발군에서 AST 및 ALT의 증가된 활성을 나타내었고, 5% 울금의 급여로 감소되는 것으로 관찰되었다($p<0.05$). AST, ALT의 활성은 지방간 등에서 증가되며, ALT와 함께 간 손상 지표로 널리 사용되고 있다(Elizondo-Montemayor et al., 2014).

3.5. Alkaline phosphatase (ALP) 활성

혈청 중의 ALP 활성은 Fig. 2와 같다. DT군에서 327.0 ± 21.8 U/L로 나타났고, DD군에서 388.3 ± 21.8 U/L의 활성을 나타내어, DT군에서 유의적인 감소를 보였다($p<0.05$). ND군 및 NT군에서 265.1 ± 21.8 및 263.0 ± 20.1 U/L로 나타났으며, NT군에서 활성의 감소를 보였으나 유의적인 차이는 없는 것으로 확인되었다($p<0.05$). 이상지질혈증 유발군에서 혈청 ALP 활성의

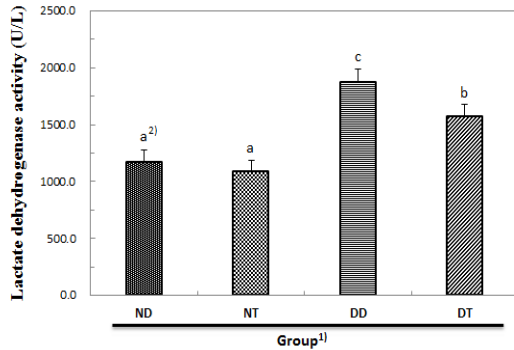


Fig. 3. Effects of turmeric (*Curcuma longa* L.) on serum lactate dehydrogenase (LDH) activities in dyslipidemic rats.

¹⁾ND : normal-nondyslipidemic diet (control group).

NT : normal-nondyslipidemic diet+5% turmeric (*Curcuma longa* L.).

DD : control-dyslipidemic diet. DT : dyslipidemic diet+5% turmeric (*Curcuma longa* L.).

²⁾The data are presented as means±standard deviation of 6 independent rats. Means with different letters are significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range tests.

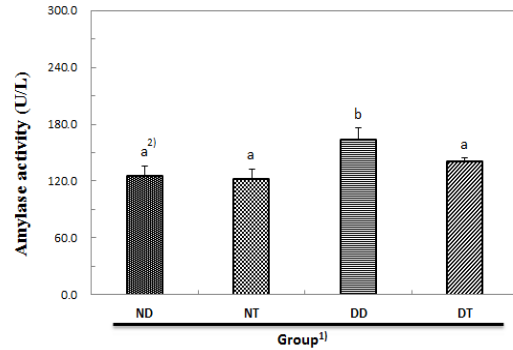


Fig. 4. Effects of turmeric (*Curcuma longa* L.) on serum amylase activities in dyslipidemic rats.

¹⁾ND : normal-nondyslipidemic diet (control group).

NT : normal-nondyslipidemic diet+5% turmeric (*Curcuma longa* L.).

DD : control-dyslipidemic diet. DT : dyslipidemic diet+5% turmeric (*Curcuma longa* L.).

²⁾The data are presented as means±standard deviation of 6 independent rats. Means with different letters are significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range tests.

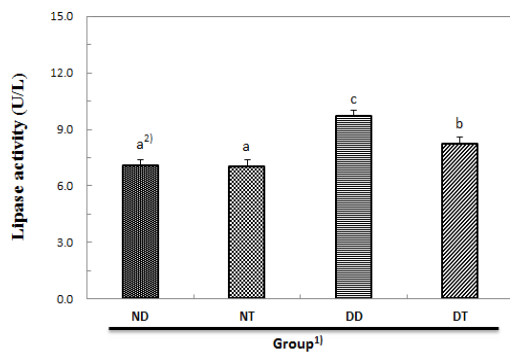


Fig. 5. Effects of turmeric (*Curcuma longa* L.) on serum lipase activities in dyslipidemic rats.

¹⁾ND : normal-nondyslipidemic diet (control group).

NT : normal-nondyslipidemic diet+5% turmeric (*Curcuma longa* L.).

DD : control-dyslipidemic diet. DT : dyslipidemic diet+5% turmeric (*Curcuma longa* L.).

²⁾The data are presented as means±standard deviation of 6 independent rats. Means with different letters are significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range tests.

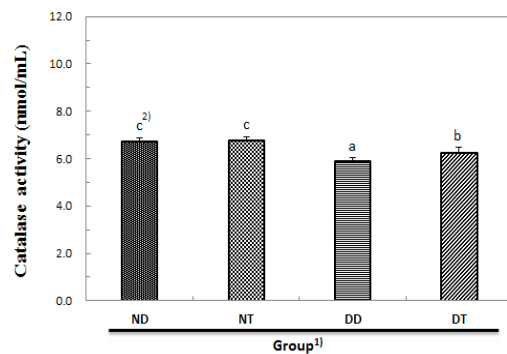


Fig. 6. Effects of turmeric (*Curcuma longa* L.) on serum catalase activities in dyslipidemic rats.

¹⁾ND : normal-nondyslipidemic diet (control group).

NT : normal-nondyslipidemic diet+5% turmeric (*Curcuma longa* L.).

DD : control-dyslipidemic diet. DT : dyslipidemic diet+5% turmeric (*Curcuma longa* L.).

²⁾The data are presented as means±standard deviation of 6 independent rats. Means with different letters are significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range tests.

증가를 보였으나, 5% 울금의 급여에 의하여 ALP 활성은 유의적으로 감소되는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 신장 기능 장애의 생화학적 지표인 혈청 alkaline phosphatase (ALP)의 활성은 동맥경화 및 심장질환 등에 의한 뇌심혈관계 질환시 증가된다고 한다(Zetterberg, 2005; Lee et al., 2015).

3.6. Lactate dehydrogenase (LDH) 활성

혈청 중의 LDH 활성은 Fig. 3과 같다. LDH 활성은 이상지질혈증 유발군인 DD군에서 1872.3 ± 119.5 U/L로 여타 실험군에 비하여 유의적인 차이를 보이며 증가되는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 울금 급여(DT군)에 의하여 유의적인 감소를 나타내었으며($p < 0.05$), ND군 및 NT군에서 각각 1170 ± 105.3 및 1086.2 ± 101.5 U/L로 ND군에 비해 NT군에서 활성의 감소를 보였지만, 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다($p < 0.05$). LDH는 심장, 간장, 신장, 뇌 및 폐장 등의 세포에 존재하는 효소로 (Karim et al., 2010; Lokesh and Jayanthi, 2015), 특히, 간 기능 장애 및 심부전으로 인해 LDH 활성이 상승하는 것으로 보고되어 있다(Hu et al., 2015). 본 실험 결과 이상지질혈증 유발군에서 LDH 활성이 높게 나타났으며, 5% 울금의 급여가 유의적인 감소를 나타내어 간, 심장 및 신장 등의 기능 개선에 효과가 있을 것으로 판단된다.

3.7. 아밀라아제 및 리파아제 활성

흰쥐의 혈청 아밀라아제 및 리파아제 활성은 Fig. 4 및 Fig. 5에 나타내었다. 혈청 아밀라아제 활성은 DT군에서 141.0 ± 3.8 U/L로 DD군의 163.8 ± 12.5 U/L에 비하여 유의적인 감소를 나타내었다($p < 0.05$). ND군 및 NT군에서 125.5 ± 10.6 및 122.3 ± 9.8 U/L로 측정되었다. 리파아제 활성은 DD군에서 9.7 ± 0.3 U/L로 여타 실험군에 비해 유의적인 차이를 보이며 증가된 활성을 나타내었다($p < 0.05$). 울금 급여군인 DT군이 8.2 ± 0.4 U/L로 DD군에 비하여 유의적인 차이로 감소하였다($p < 0.05$). ND군 및 NT군은 각각 7.1 ± 0.3 및 7.0 ± 0.4 U/L로, ND군에 비해 NT군에서 활성이 감소되었으나, 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 아밀라아제 활성은 췌장염 일 때 증가하는 것으로 알려져 있으나(O'Donnell et al., 1977), 일부 환자에게서는 활성이 정상 수준으로 나타내었다는 보고도 있다(Warshaw et al., 1975). 췌장에서

분비되는 효소인 리파아제는 급성 췌장염, 담낭염, 위궤양질환 및 신부전증에서 리파아제 활성이 증가되는 것으로 알려져 있다(Weiss et al., 2015).

3.8. 카탈라아제 활성

혈청 중의 카탈라아제 활성은 Fig. 6에 나타내었다. DD군에서 5.88 ± 0.16 mmol/mL로 다른 실험군에 비하여 유의적으로 낮은 활성을 나타내었으나($p < 0.05$), 울금 급여에 의한 DT군에서 6.26 ± 0.20 mmol/mL로 나타나, DD군에 비해 유의적인 증가를 보였다($p < 0.05$). ND군 및 NT군에서 각각 6.73 ± 0.15 및 6.78 ± 0.12 mmol/mL로 ND군과 비교하였을 때 NT군에서 활성의 증가를 보였지만, 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 이상지질혈증 유발군에서 카탈라아제 활성이 낮게 나타났으며, 5% 울금의 급여로 유의적인 증가를 나타내어 혈청 카탈라아제 활성이 회복되는 것으로 나타났다. 카탈라아제의 활성은 급성 및 만성 췌장염에 영향을 미치며(Hadwan, 2016), 과산화수소(hydrogen peroxide)를 산소와 물로 분해하는 항산화 효소로 활성산소종(reactive oxygen species)으로 인한 산화적 스트레스를 개선시키는 것으로 알려져 있다(Al-Shobaili et al., 2013). 따라서 본 실험에서, 울금이 산화적 스트레스를 조절할 수 있을 것으로 판단되며, 급성 및 만성 췌장염에 개선 효과가 있을 것으로 생각된다.

4. 결론

5% 울금(*Curcuma longa* L.) 급여가 Sprague-Dawley (SD)계 흰쥐의 혈청 Blood Urea Nitrogen (BUN), creatinine 및 요산(uric acid)의 농도와 aspartate aminotransferase (AST), alanine aminotransferase (ALT), alkaline phosphatase (ALP), lactate dehydrogenase (LDH), 아밀라아제(amylase), 리파아제(lipase) 및 카탈라아제(catalase) 활성 변동에 대한 영향을 규명하고자 시행하였다. 기본식을 먹인 ND군, 정상 실험군에 5% 울금 급여군(NT군), 이상지질혈증 유발 실험군(DD군)과 DD군에 5% 울금을 급여한 실험군(DT군)으로 나누어 5주간 실험사육한 결과, 혈청 BUN은 대조군(ND군)에 비해 5% 울금을 급여시킨 NT군에서 유의적인 차이를 나타내며 감소를 보였다($p < 0.05$). 또한, 울금을 급여시킨 모든 실험군이 DD군에 비하여

유의적으로 농도의 감소를 나타내었다($p < 0.05$). Creatinine 및 요산의 농도도 DD군에 비해 울금을 급여시킨 모든 실험군에서 감소를 나타내었다. 이상지질혈증 유발 흰쥐의 AST, ALT, ALP 및 LDH 활성은 DD군에 비하여 5% 울금을 급여시킨 모든 실험군에서 활성을 감소시켰다. 이상지질혈증 흰쥐의 혈청 아밀라아제 및 리파아제의 활성은 울금 급여로 감소되는 것으로 나타났다. 카탈라아제의 활성은 DD군에서 다른 실험군과 비교하였을 때 유의적으로 낮은 활성이 관찰되었으나($p < 0.05$), 울금을 섭취함으로써 유의적인 차이로 증가를 보였다($p < 0.05$). 이상의 결과를 미루어 볼 때, 울금은 이상지질혈증으로 유발된 흰쥐의 혈청 BUN, creatinine, 요산 농도 및 AST, ALT, ALP, LDH, 아밀라아제, 리파아제의 활성 감소와 카탈라아제 활성을 증가시키는 것으로 나타났다. 이에, 울금은 신장 및 간 등의 기능 개선 및 예방에 효능이 있을 것으로 추정되는 바, 기능성 식품소재로서의 활용 가능성이 높을 것으로 기대된다.

REFERENCES

- Akimoto, T., Ito, C., Kato, M., Ogura, M., Muto, S., Kusano, E., 2011, Reduced hydration status characterized by disproportionate elevation of blood urea nitrogen to serumcreatinine among the patients with cerebral infarction, *Med. Hypotheses*, 77(4), 601-604.
- Al-Shobaili, H. A., Robaee, A. A. A., Alzolibani, A. A., Rasheed, Z., 2013, Immunological studies of reactive oxygen species damaged catalase in patients with systemic lupus erythematosus: correlation with disease activity index, *Immunol. Invest.*, 42(3), 191-203.
- Alper, A. B., Chen, W., Yau, L., Srinivasan, S. R., Berenson, G. S., Hamm, L. L., 2005, Childhood uric acid predicts adult blood pressure: the Bogalusa Heart Study, *Hypertension*, 45(1), 34-38.
- Araujo, C. A. C., Leon, L. L., 2001, Biological activities of *Curcuma longa* L., *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, 96(5), 723-728.
- Aronson, D., Mittleman, M. A., Burger, A. J., 2004, Elevated blood urea nitrogen level as a predictor of mortality in patients admitted for decompensated heart failure, *Am. J. Med.*, 116(7), 466-473.
- Elizondo-Montemayor, L., Ugalde-Casas, P. A., Lam-Franco, L., Bustamante-Careaga, H., Serrano-González, M., Gutiérrez, N. G., Martínez, U., 2014, Association of ALT and the metabolic syndrome among Mexican children, *Obes. Res. Clin. Pract.*, 8(1), e79-e87.
- Feig, D. I., Kang, D. H., Johnson, R. J., 2008, Uric acid and cardiovascular risk, *N. Engl. J. Med.*, 359(17), 1811-1821.
- Hadwan, M. H., 2016, New method for assessment of serum catalase activity, *Indian J. Sci. Technol.*, 9(4), 1-5.
- Hu, E. C., He, J. G., Liu, Z. H., Ni, X. H., Zheng, Y. G., Gu, Q., Zhao, Z. H., Xiong, C. M., 2015, High levels of serum lactate dehydrogenase correlate with the severity and mortality of idiopathic pulmonary arterial hypertension, *Exp. Ther. Med.*, 9(6), 2109-2113.
- Jin, D. H., Oh, D. Y., Kang, D. S., Chung, H. S., Kim, D. S., Lee, Y. G., Seong, J. H., Kim, H. S., 2018, Effects of krill (*Euphausia superba*) on free fatty acid and electrolyte concentrations in rats, *J. Korea Oil Chem. Soc.*, 35(1), 186-193.
- Kang, S. A., Jang, K. H., Hong, K. H., Choi, W. A., Jung, K. H., Lee, I. Y., 2002, Effects of dietary β -glucan on adiposity and serum lipids levels in obese rats induced by high fat diet, *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.*, 31(6), 1052-1057.
- Karim, M. R., Salam, K. A., Hossain, E., Islam, K., Ali, N., Haque, A., Himeno, S., 2010, Interaction between chronic arsenic exposure via drinking water and plasma lactate dehydrogenase activity, *Sci. Total Environ.*, 409(2), 278-283.
- Kwon, M. A., Kim, G. S., Hong, J. K., Jo, H. S., Kim, J. K., Yang, M. K., Lee, B. D., 2003, The effects of 0.45% and 0.9% saline solutions on serum sodium concentrations in chronic renal failure patients, *Kor. J. Anesthesiol.*, 44(4), 462-468.
- Lai, C. S., Liao, S. N., Tsai, M. L., Kalyanam, N., Majeed, M., Majeed, A., Ho, C. T., Pan, M. H., 2015, Calebin-A inhibits adipogenesis and hepatic steatosis in high-fat diet-induced obesity via activation of AMPK signaling, *Mol. Nutr. Food Res.*, 59(10), 1883-1895.
- Lee, G. H., Lee, H. Y., Choi, M. K., Chung, H. W., Kim, S. W., Chae, H. J., 2017, Protective effect of *Curcuma longa* L. extract on CCL₄-induced acute hepatic stress,

- BMC Res. Notes., 10(1), 77-85.
- Lee, H. B., Kim, J., Kim, S. H., Kim, S., Kim, O. J., Oh, S. H., 2015, Association between serum alkaline phosphatase level and cerebral small vessel disease, PLoS one, 10(11), e0143355-e0143365.
- Lin, W. C., Shih, H. M., Lin, L. C., 2015, Preliminary prospective study to assess the effect of early blood urea nitrogen/creatinine ratio-based hydration therapy on poststroke infection rate and length of stay in acute ischemic stroke, J. Stroke Cerebrovascular Diseases, 24(12), 2720-2727.
- Lokesh, K., Jayanthi, K., 2015, Lactate dehydrogenase: An enzymatic biomarker in oral health and disease, Int. J. Contemp. Dent. Med. Rev. Year., 1-3.
- Manna, P., Sinha, M., Sil, P. C., 2009, Taurine plays a beneficial role against cadmium-induced oxidative renal dysfunction, Amino Acids, 36(3), 417-428.
- Mohebbati, R., Anaigoudari, A., Khazdair, M. R., 2017, The effects of *Curcuma longa* and curcumin on reproductive systems, Endocr. Regul., 51(4), 220-228.
- O'Donnell, M. D., FitzGerald, O., McGeeney, K. F., 1977, Differential serum amylase determination by use of an inhibitor, and design of a routine procedure, Clin. Chem., 23(3), 560-566.
- Price, C. P., Finney, H., 2000, Developments in the assessment of glomerular filtration rate, Clin. Chim. Acta, 297(1-2), 55-66.
- Ryu, W. S., Lee, S. H., Kim, C. K., Kim, B. J., Kwon, H. M., Yoon, B. W., 2014, High serum alkaline phosphatase in relation to cerebral small vessel disease, Atherosclerosis, 232(2), 313-318.
- Salazar, J. H., 2014, Overview of urea and creatinine, Lab. Med., 45(1), e19-e20.
- Saxena, P. N., Anand, S., Saxena, N., Bajaj, P., 2009, Effect of arsenic trioxide on renal functions and its modulation by *Curcuma aromatica* leaf extract in albino rat, J. Environ. Biol., 30(4), 527-531.
- Schrock, J. W., Glasenapp, M., Drogell, K., 2012, Elevated blood urea nitrogen/creatinine ratio is associated with poor outcome in patients with ischemic stroke", Clinical Neurol. Neurosurgery, 114(7), 881-884.
- Warshaw, A. L., Bellini, C. A., Lesser, P. B., 1975, Inhibition of serum and urine amylase activity in pancreatitis with hyperlipemia, Ann. Surg., 182(1), 72-75.
- Weiss, F. U., Schurmann, C., Guenther, A., Ernst, F., Teumer, A., Mayerle, J., Simon, P., Volzke, H., Radke, D., Greinacher, A., Kuehn, J. P., Zenker, M., Völker, U., Homuth, G., Lerch, M. M., 2015, Fucosyltransferase 2 (FUT2) non-secretor status and blood group B are associated with elevated serum lipase activity in asymptomatic subjects, and an increased risk for chronic pancreatitis: a genetic association study, Gut, 64(4), 646-656.
- Wen, C. P., Matsushita, K., Coresh, J., Iseki, K., Islam, M., Katz, R., McClellan, W., Peralta, C. A., Wang, H. Y., Zeeuw, D., Astor, B. C., Gansevoort, R. T., Levey, A. S., Levin, A., 2014, Relative risks of chronic kidney disease for mortality and end-stage renal disease across races are similar, Kidney Int., 86(4), 819-827.
- Wu, A. H., Gladden, J. D., Ahmed, M., Ahmed, A., Filippatos, G., 2016, Relation of serum uric acid to cardiovascular disease, Int. J. Cardiol., 213, 4-7.
- Zetterberg, H., 2005, Increased serum concentrations of intestinal alkaline phosphatase in peritoneal dialysis, Clin. Chem., 51(3), 675-676.

-
- 오다영, 부산대학교 식품공학과 대학원생
zoo2965@nate.com
 - 강동수, 전남대학교 해양바이오식품학과 교수
dskang@jnu.ac.kr
 - 이영근, 부산대학교 식품공학과 교수
lyg5354@pusan.ac.kr
 - 김한수, 부산대학교 식품공학과 교수
kimhs777@pusan.ac.kr