

낫토균으로 발효한 발효울금의 투여가 마우스의 간 기능 및 혈중 지질 함량에 미치는 영향

강재구 · 강효진 · 서지혜 · 김선옥 · 최정호 · 조도연 · 박창교 · 이희영[†]
건양대학교 의과대학 명곡의과학연구소

Effects of Fermented Turmeric (*Curcuma longa*) by *Bacillus natto* Supplementation on Liver Function and Serum Lipid Parameters in Mice

Jae Ku Kang, Hyo Jin Kang, Ji Hye Seo, Sun Ok Kim, Jung Hyo Choi,
Do Yeun Cho, Chang Gyo Park, and Hoi Young Lee[†]

Myunggok Medical Research Institute, College of Medicine, Konyang University, Daejeon 302-718, Korea

Abstract

The effects of turmeric and fermented turmeric by *Bacillus natto* on antioxidant activities, liver function recovery of acute hepatotoxicity mice, and serum lipid parameters in high fat diet fed mice were investigated. In the results of antioxidant activity by DPPH method, fermented turmeric had higher antioxidative activity than turmeric. Acute hepatotoxicity was induced by 0.5 mL of carbon tetrachloride (CCl₄) per kg of mice. Unlike turmeric, fermented turmeric significantly reduced the levels of aspartate aminotransferase (AST) and alanine aminotransferase (ALT) after 5 days compared to the controls with 0.5% methyl cellulose (p<0.05). In addition, higher recovery of liver damage by CCl₄ was observed in mice with fermented turmeric than with turmeric. High fat (20%) diet fed mice were divided into 4 groups to investigate the effects of turmeric and fermented turmeric on serum lipid parameters: C (vehicle), TuL (low dose (80 mg/kg) with turmeric), TuH (high dose (160 mg/kg) with turmeric), FTuL (low dose with fermented turmeric), and FTuH (high dose with fermented turmeric). The levels of LDL-cholesterol and HDL-cholesterol were significantly reduced and increased in FTuL, FTuH and TuH groups compared to the C group, respectively. However, there was no significant change in triglyceride levels by either turmeric or fermented turmeric compared to those by control. Collectively, these results strongly suggest that fermented turmeric by *Bacillus natto* could be used as a functional food for enhancement of health with better consumer acceptance.

Key words: *Bacillus natto*, fermented turmeric, antioxidant activity, liver function, lipid parameters

서 론

울금(*Curcuma longa* L., Turmeric)은 생강과(Zingibera-
ceae)에 속하는 다년생 식물로서 고온다습한 남아시아, 아
프리카, 중남미에서 자생하고 있으며 우리나라에서는 진도
지방에서 울금의 대량재배가 성공하면서 최근에는 전국 각
지에서 재배되고 있다(1,2). 울금의 작용과 효과는 항염작용
(3,4), 항암작용(5-7), 해독기능(8), 항산화작용(9,10), 간 기
능 개선효과(1,11,12) 등이 밝혀져 있으며, 이 밖에도 이담작
용, 이뇨작용, 위액분비촉진 기능을 가지고 있다고 중국 고
서인 본초강목, 동의보감 등에 기록되어 있어 만병통치약으
로 불린다(1).

하지만 울금 특유의 냄새와 맛이 소비자의 기호에 잘 맞지
않아 산업적 실용화가 부족한 실정이다(1). 따라서 울금 추
출물을 다른 천연 약초들과 섞어 소비자의 기호에 맞도록

향상시킨 연구(1), 황국 균주를 이용하여 발효시켜 울금 특
유의 쓴맛과 냄새를 제거하여 소비자의 음용 거부반응을 해
소한 연구(13), 울금 농축액에 흑설탕과 흑국균을 혼합 발효
시켜 울금의 쓴맛 제거 및 유익한 유기산을 다량 함유하게
제조하여 체내 흡수가 빠르고 체질에 따른 부작용 및 알레르
기 반응을 최소화시킨 연구(14) 등과 같이 울금을 소비자가
원하는 기호로 바꾸기 위한 연구가 많이 진행되고 있다.

본 연구에서는 울금의 생리활성 작용을 강화하고 동시에
기호성을 향상시키기 위해 바실러스 낫토균(*Bacillus natto*)
을 사용하여 울금을 발효하였다. 짚에서 발견되는 바실러스
낫토균은, 짚 한 묶음에 약 1천만 개가 붙어있으며 종의 보존
을 위해 포자를 형성하는 성질을 가지고 있으며, 또한 이
균은 낫토키나아제(nattokinase)라는 효소를 생성한다. 낫
토키나아제는 장내 생존율이 높고 정장작용을 하는 것으로
알려져 있다(15). 특히 이 효소는 혈전용해능력이 우수하며

[†]Corresponding author. E-mail: hoi@konyang.ac.kr
Phone: 82-42-600-6413, Fax: 82-42-541-4626

뇌경색, 심근경색 등을 예방하는 것으로 알려져 있다(15).

따라서 본 연구는 낫토균으로 울금을 발효함으로써 울금의 기호성 향상 및 낫토키나아제의 작용으로 울금의 체내 이용율을 증가시켜 생리활성 기능이 증가하는지 알아보고자 연구하였다. 새로운 발효방법으로 제조한 발효울금이 고기능 울금으로 건강 기능성 식품에 적합한지 알아보고자 유효성분의 변화, 항산화 효과, 간 기능 개선효과, 콜레스테롤 상승 억제 효과 등의 분석 및 관능 평가를 실시하여 기능성과 기호성 향상 여부를 평가하였다.

재료 및 방법

발효울금 제조

0.8% 영양배지와 0.5% 포도당을 함유한 증류수 1 L를 121°C, 20분 멸균한 후, 이 배지에 바실러스 낫토균을 접종하여 37°C 교반배양기에서 4일간 접종 균을 배양하였다. 증류수 5 L에 2% 울금분말(국산)을 넣고 121°C, 21분 멸균한 후, 배양한 낫토균을 울금 배지에 접종하여 37°C 배양기에서 7일 동안 배양하였다. 발효된 배양물을 농축, 건조하여 발효울금 분말을 얻었다.

미량성분 분석

식품공전의 미량성분시험법에 의하여 울금(Tu)과 발효울금(FTu) 분말에 포함된 칼슘, 아연, 셀레늄의 함량을 측정하였다.

항산화효과

울금과 발효울금 분말을 에탄올에 용해하여 50, 100, 200, 400, 800, 1,000 µg/mL의 농도로 희석하여 DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, Sigma) 용액을 첨가하여 540 nm에서 흡광도를 측정하였다. 양성대조군으로 BHT(butylated hydroxytoluene, Sigma)로 비교하였다.

실험동물

급성간독성 실험을 위한 ICR 마우스(5주령, 수컷)와 지질 개선효과 실험을 위한 Balb/c 마우스(5주령, 수컷)를 구입(오리엔트 바이오)하여 7일간 순화 사육기간을 거쳐 각 실험에 사용하였다. 사육실은 실내온도 22±2°C, 상대습도 55±5%, 12 hr light-dark cycle의 조건으로 조절하였다. 실험식이와 식수는 자유 섭취시켰다. 순화 사육기간 중 일반증상을 관찰하여 증상이 없고 체중감소가 없는 건강한 동물을 실험에 사용하였다.

간기능 개선효과

순화 선발된 ICR 마우스를 4개의 실험군 즉 음성실험군(NC), 양성실험군(PC), 울금 실험군(Tu), 발효울금 실험군(FTu)으로 나눠 각 군당 7마리씩 무작위법으로 배치하였다. 음성실험군과 양성실험군은 0.5% methyl cellulose(MC)을, 울금실험군은 40 mg/10 mL/kg 울금현탁액, 발효울금실험

군은 40 mg/10 mL/kg 발효울금현탁액을 12시간 간격으로 1일 2회 경구투여 하였다. 2일간 실험물질을 경구투여 후, 3일째 오전에 사염화탄소(carbon tetrachloride, Sigma)를 corn oil(Sigma)에 1:3으로 희석하여 음성실험군을 제외한 나머지 실험군에 0.5 mL/kg을 복강 내 투여하여 급성 간독성을 유발시켰다. 음성실험군은 corn oil만 0.5 mL/kg을 복강 내 투여하였다. 간독성 유발 후 각 군에 해당 실험물질을 12시간 간격으로 하루 두 차례 3일 동안 경구투여 하였다. 최종일에 실험동물을 하룻밤 절식시킨 후 ether로 마취한 다음 안와 정맥총에서 혈액을 채혈하였다. 혈액은 상온에서 20분간 방치한 후 3,000 rpm에서 10분 동안 원심분리 한 다음 혈청을 분리하였다. 채혈한 마우스는 경추 탈골 후 회복하여 간의 좌측 소엽 일부를 적출하여 10% 포르말데하이드에 넣어 고정시켰다. 분리한 혈청 AST, ALT는 Reitman-Frankel법으로 분석하는 키트(아산제약, 한국)를 활용하여 505 nm에서 흡광도를 측정하였다. 고정된 간 조직은 탈수시켜 파라핀 블럭을 만들어 조직 절편 슬라이드를 만든 후, H&E(hematoxylin-eosin) 염색을 하여 비교분석하였다.

혈중지질 함량 측정

선발된 Balb/c 마우스를 6개 실험군, 즉 음성실험군(NC), 양성실험군(PC), 저농도 울금실험군(TuL), 고농도 울금실험군(TuH), 저농도 발효울금실험군(FTuL), 고농도 발효울금실험군(FTuH)으로 나눠 각 군당 7마리씩 무작위법으로 배치하였다. 울금과 발효울금이 농도 의존적으로 혈중지질 함량에 미치는 영향을 관찰하기 위해 80 mg/10 mL/kg 투여군을 저농도로, 160 mg/10 mL/kg 투여군을 고농도 실험군으로 임의 설정하였다. 음성실험군만 일반사료를 자유 섭취하도록 하고 나머지 실험군은 지방 20%가 함유된 고지방 사료를 자유 섭취하도록 하였다. 4주간 매일 NC, PC 군은 0.5% MC를 경구투여 하였고, TuL 및 TuH는 각각 160 mg/10 mL/kg 농도의 울금 현탁액을, FTuL 및 FTuH는 각각 80 mg/10 mL/kg 농도의 발효울금 현탁액을 경구투여 하였다. 4주 동안 매일 경구투여 후, 최종일에 실험동물을 하룻밤 절식시킨 후 ether로 마취한 다음 안와 정맥총에서 혈액을 채혈하였다. 혈액은 상온에서 20분간 방치한 후 3,000 rpm에서 10분 동안 원심분리 한 다음 혈청을 분리하였다. 혈청 중 콜레스테롤은 CHOD-PAP법으로 분석하는 키트(영동제약, 한국)를, 중성지방은 GOD-PAP법으로 분석하는 키트(영동제약, 한국)를, 그리고 LDL은 direct LDL-콜레스테롤 분석 키트(영동제약, 한국)를 활용하여 각각 600 nm에서 흡광도를 측정하여 비교하였다. HDL은 면역학적 방법으로 분석하는 키트(영동제약, 한국)를 활용하여 546 nm에서 흡광도를 측정하였다.

관능평가

울금 및 발효울금의 분말을 물에 1%(무게/부피) 희석하여 쓴맛, 신맛, 그리고 향에 대한 관능평가를 실시하여 비교

하였다. 관능평가는 5인의 훈련된 평가원에 의해 5점 등급제로 하여 실시하였다. 각 검사항목이 보통이면 3점, 매우 좋지 않으면 1점, 좋지 않으면 2점, 매우 좋으면 5점, 그리고 좋으면 4점으로 등급 하였다.

통계분석

측정된 결과는 평균치와 표준오차로 계산하고, 각 군의 평균치 비교는 분산분석을 한 후 처리구간의 유의성을 Student's t-test($p < 0.05$)로 검정하였다.

결과 및 고찰

발효울금의 미네랄 성분변화

미네랄 성분은 항산화 활성 및 혈중지질 함량 변화에 영향을 미치므로(16) 발효에 의한 미네랄 성분변화를 측정하였다. 울금분말과 낫토균으로 발효한 발효울금 분말의 미네랄 성분변화 분석 결과를 Table 1에 나타내었다. 칼슘과 아연의 경우 울금에 비하여 발효울금에서 각각 약 6배와 44배 증가하였고, 셀레늄의 경우에는 발효울금에서만 새롭게 검출되었다. Kwon 등(17)은 보리메주의 발효기간이 늘어날수록 칼슘, 마그네슘, 아연, 구리, 철 등 무기질 함량이 2~16배 증가한다고 보고하였는데, 이와 유사한 결과를 나타냈다. 셀레늄의 경우 발효울금에서만 검출되었는데 이는 낫토균의 발효를 위해 사용한 원료에 기인한 것으로 생각된다. Kim 등(14)은 흑곡균으로 발효한 울금에서 원재료에 존재하지 않았던 유익한 유기산이 다량 생성되었다고 보고하였다.

울금과 발효울금의 항산화 활성

울금과 발효울금의 항산화 효과 비교분석은 DPPH에 대한 전자공여능을 통한 소거효과로 측정하였고 분석결과는 Fig. 1과 같다. 실험 결과 1,000 $\mu\text{g/mL}$ 농도에서 발효울금은 약 82%, 울금은 약 78% 정도의 항산화 활성을 나타내었고, 50% 항산화 활성을 나타내는 농도가 울금은 590 $\mu\text{g/mL}$, 발효울금은 509 $\mu\text{g/mL}$ 로 각각 측정되었다. 울금과 발효울금의 항산화 활성은 각각의 실험농도에서 비슷한 효과를 나타내었으나 발효울금이 울금보다 항산화 활성이 약간 높았다. 비록 대표적 항산화 물질인 BHT의 50% 항산화 활성 농도인 87 $\mu\text{g/mL}$ 에 비해서는 상대적으로 낮았으나, Ju 등(18)이 열수 추출한 울금 1,000 $\mu\text{g/mL}$ 농도에서 항산화 활성이 약 66%로 나타났다고 보고한 결과보다는 높게 측정되었다. 이와 같은 결과는 울금에서 검출되지 않는 천연 항산화

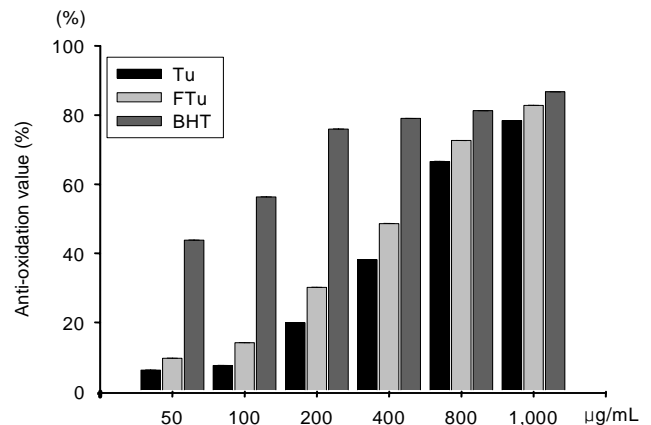


Fig. 1. Antioxidant activity of turmeric and fermented turmeric. Tu: turmeric, FTu: fermented turmeric by *Bacillus natto*, BHT: butylated hydroxytoluene.

물질인 셀레늄이 낫토균 발효를 통해 발효울금이 함유하게 되어 나타난 결과로 생각된다.

발효울금의 간 기능 개선효과

사염화탄소로 간 손상을 일으킨 마우스에서 울금과 발효울금의 경구투여를 통해 간 기능 개선 효과를 분석하기 위하여 혈청 AST, ALT의 효소 활성도에 미치는 영향과 간 조직 절편 슬라이드의 H&E 염색관찰을 통해 조직 손상회복 정도를 비교 평가하였다. 실험기간 동안 처리군과 대조군에서 유의할 만한 체중 변화는 없었다.

실험 결과 사염화탄소에 의해 AST 및 ALT의 효소활성이 정상군에 비하여 현저히 증가되어 급성 간 손상을 나타내었다(Fig. 2). 울금과 발효울금을 40 mg/kg의 농도로 사염화탄소 처리 전 2일, 처리 후 3일 동안 12시간 간격으로 1일 2회 경구 투여한 결과 간 손상으로 현저히 증가된 AST 및 ALT의 효소활성이 감소하였다. 특히, 발효울금의 경우 유의하게($p < 0.05$) AST 및 ALT 효소활성이 감소하여 간기능 개선에 울금보다 효과적이었다. Kim(1)은 울금추출물을 40 mg/10 mL/kg으로 7일 동안 투여할 때 사염화탄소에 의해 증가된 AST 및 ALT 효소 활성을 SD계 랫트에서 현저히 감소시킴을 보고하였다. 이는 사용한 실험동물과 투여일수의 차이로 본 연구에서 울금 처리한 결과보다 AST 및 ALT 효소활성 감소효과가 컸던 것으로 생각된다.

사염화탄소로 인한 간 손상이 울금 및 발효울금 경구투여에 의해 어느 정도 회복되는지 조직학적으로 관찰한 결과는 Fig. 3에 나타내었다. 사염화탄소로 간의 손상을 유발시킨 군에서는 핵의 모양이 뚜렷이 보이지 않는 괴사가 심하게 초래되었으며 또한 지방 축적도 볼 수 있었다(Fig. 3B). 한편, 사염화탄소 투여 전후에 울금을 경구투여한 군에서는 사염화탄소에 의해 야기된 간조직의 염증, 괴사 및 지방 축적 등의 감소가 미비하였으나, 발효울금을 경구투여한 군에서는 핵이 뚜렷이 관찰되고 지방축적이 확연히 줄어드는 등 정상군에 가깝게 간 손상이 회복되었다(Fig. 3C, D). 본 결과

Table 1. The mineral contents of turmeric and fermented turmeric (mg/100 g)

Group ¹⁾	Calcium	Zinc	Selenium
Tu	151 ± 11.58 ²⁾	0.17 ± 0.02	0.00 ± 0.00
FTu	903 ± 10.95	7.45 ± 0.11	0.07 ± 0.01

¹⁾Tu: turmeric, FTu: fermented turmeric by *Bacillus natto*.

²⁾Mean ± standard deviation.

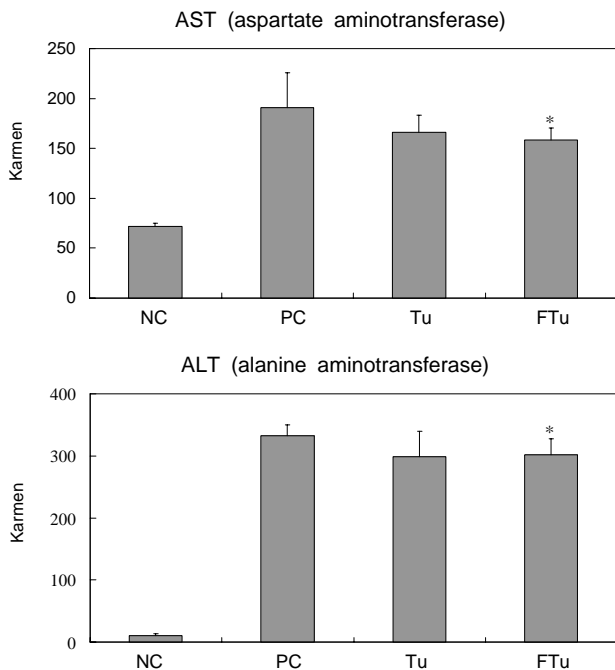


Fig. 2. The remedial effects of turmeric & fermented turmeric on serum aminotransferase activities in CCl₄-intoxicated mice. NC (negative control): corn oil+0.5% methyl cellulose, PC (positive control): CCl₄+0.5% methyl cellulose, Tu (turmeric): CCl₄+80 mg/10 mL/kg turmeric, FTu (fermented turmeric): CCl₄+80 mg/10 mL/kg fermented turmeric. *p<0.05 compared positive control treatment.

를 통해서 낫토균으로 발효한 발효울금이 울금에 비해 손상된 간 기능을 효과적으로 개선할 수 있는 유용한 기능성 물질로 생각된다. 이는 울금은 생체 이용률이 매우 낮은 것으로 알려져 있고(19), 특히 울금의 주요성분인 curcumin은

장속의 미생물에 의해 tetrahydrocurcumin(THC)이라는 물질로 변화하여 흡수된다는 보고(20)와 관련이 있는 것으로 생각된다. 즉, 바실러스 낫토균을 사용하여 발효한 울금에서 curcumin이 THC로 변화하여 체내흡수율이 증가되어 나타난 결과로 생각된다.

발효울금의 혈중 지질함량 상승 억제효과

고지방(20% 지방) 식이로 유도된 마우스에서 혈중 지질 함량 변화를 평가하기 위해서 울금과 발효울금 현탁액을 저농도(80 mg/10 mL/kg), 고농도(160 mg/10 mL/kg)로 4주간 매일 경구투여한 후, 혈청 콜레스테롤, HDL-콜레스테롤, LDL-콜레스테롤 및 중성지방 함량의 변화를 비교 평가하였다. 실험기간 동안 처리군과 대조군에서 유의할 만한 사료 섭취량의 변화와 체중 변화는 없었다. 다만 고지방 사료를 섭취한 마우스의 체중증가가 정상 사료를 섭취한 마우스보다 약간 높았다.

고지방식이 마우스에서 울금 및 발효울금의 경구투여에 의한 혈청 중 지질함량의 변화를 분석한 결과는 Table 2와 같다. 정상대조군에 비해 고지방식을 한 마우스의 경우 중성지방을 제외하고 총 콜레스테롤 및 LDL이 유의하게 높아져(p<0.05) 고지방 식이에 의해 고콜레스테롤 혈증이 성공적으로 유도된 것을 확인할 수 있었다. 울금과 발효울금의 경구투여에 의하여 중성지방 농도는 유의한 변화가 없었으나, 총 콜레스테롤과 LDL 농도는 유의하게 감소하였다(p<0.05). 특히 HDL 콜레스테롤 농도의 경우 울금 고농도투여군, 발효울금 저농도 및 고농도 투여군에서 유의적으로 높게 측정되었다(p<0.05). 이와 같이 본 연구에서 울금 및 발효울금이 혈중지질을 효과적으로 개선하였고, 발효울금

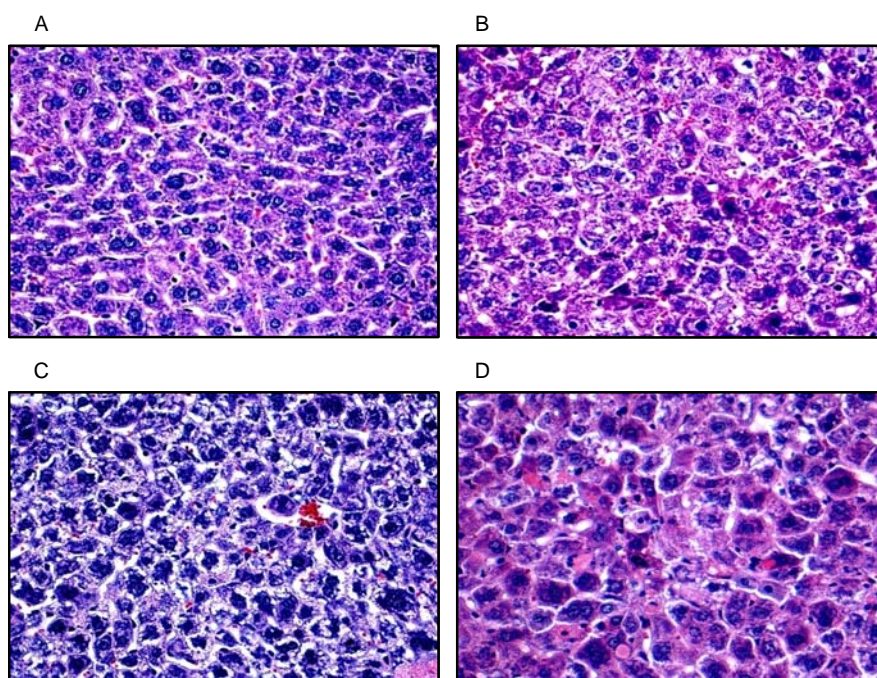


Fig. 3. Histology of the liver tissue (H&E, ×400). A: Liver tissue of normal mouse, B: Liver tissue of CCl₄-intoxicated mouse, C: Liver tissue of CCl₄-intoxicated mouse treated with turmeric, D: Liver tissue of CCl₄-intoxicated mouse treated with fermented turmeric.

Table 2. Effects of turmeric and fermented turmeric on serum lipid parameters in high fat diet-induced mice (mg/dL)

Group ¹⁾	Total cholesterol	Triglyceride	HDL-cholesterol	LDL-cholesterol
NC	207.6±8.23 ²⁾	45.4±3.51	59.3±10.19	74.7±8.30
PC	270.6±10.00 [#]	57.4±14.88	86.1±14.41 [#]	95.2±4.99 [#]
TuL	256.3±5.01*	43.6±8.11	91.8±3.21	91.0±2.29
TuH	223.5±9.01*	59.6±15.14	127.2±7.15*	78.4±2.63*
FTuL	258.7±28.22	54.2±8.31	172.3±13.29*	85.2±9.60*
FTuH	235.0±15.11*	56.2±12.30	164.9±10.33*	78.3±5.04*

¹⁾NC (negative control): normal diet+0.5% methyl cellulose, PC (positive control): high fat diet+0.5% methyl cellulose, TuL (low dose turmeric): high fat diet+80 mg/kg turmeric, TuH (high dose turmeric): high fat diet+160 mg/kg turmeric, FTuL (low dose fermented turmeric): high fat diet+80 mg/kg fermented turmeric, FTuH (high dose fermented turmeric): high fat diet+160 mg/kg fermented turmeric.

²⁾Mean±standard deviation.

[#]p<0.05 compared negative control treatment, *p<0.05 compared positive control treatment.

의 경우 저농도 투여에 의해서도 혈중 지질 개선효과가 나타나 울금에 비해 상대적인 우수성을 나타내었다.

본 실험에서 사용된 발효울금은 낫토균에 의해 발효된 울금으로서 칼슘과 아연과 같은 미네랄이 울금보다 많은 양을 함유하고 있다(Table 1). Nam(16)은 마그네슘과 칼슘을 1:2로 투여한 토끼의 혈청 콜레스테롤이 낮아졌으며, LDL을 낮추며 HDL/T-콜레스테롤의 비가 높아졌다고 보고하였다. 이는 혈청 전해질의 분포상태가 콜레스테롤 농도에 영향을 주는 것으로 생각되며, 발효울금을 통해 공급된 미량성분들이 긍정적인 효과를 준 것으로 생각된다. Kim 등(21)은 사춘기 여중생을 대상으로 한 연구에서 비만그룹의 혈청에서 아연 함량이 정상군보다 낮게 나타났으며, HDL-콜레스테롤 함량 또한 정상군보다 낮았다고 보고하였다. 또한 셀레늄의 경우 발효울금에서만 검출되었는데, 고 셀레늄의 섭취가 혈중 지질 함량을 유의적으로 감소시킨다고 보고되어 있다(22). 따라서 미량성분의 섭취량 및 비율에 따른 지질 함량 변화에 대한 다각적인 연구가 필요하다고 생각된다.

Kim 등(23)은 고콜레스테롤혈증 흰쥐에서 울금 추출물이 총 콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤은 효과적으로 감소시켰으나 HDL-콜레스테롤에는 변화를 주지 못했다고 하였다. 본 연구에서는 발효울금의 경우 총 콜레스테롤 및 LDL-콜레스테롤을 효과적으로 감소시킬 뿐만 아니라 HDL-콜레스테롤을 효과적으로 증가시켜 혈중 지질 함량의 개선효과가 뛰어난 것으로 관찰되었다. 이는 발효울금에 다량 함유된 유용한 미량성분과 낫토균에 의해 생성되는 혈전용해 효소인 낫토키나아제의 작용(15)에 따른 효과로 생각된다.

관능평가

울금 및 발효울금의 쓴맛, 신맛, 그리고 향에 대한 관능평가 결과를 Table 3에 나타내었다. 울금은 특유의 이취에 의해 쓴맛 및 신맛이 안 좋게 평가된 반면 발효울금의 경우

Table 3. Sensory score¹⁾ of turmeric and fermented turmeric

Group ²⁾	Flavor		Odor
	Bitter	Sour	
Tu	1.4±0.5 ³⁾	1.4±0.6	3.0±1.2
FTu	3.2±1.3*	3.4±0.6*	2.8±1.1

¹⁾Sensory scores were assessed on 5 point scale base on 1=extremely bad, 5=extremely good.

²⁾Tu: turmeric, FTu: fermented turmeric by *Bacillus natto*.

³⁾Mean±standard deviation. *p<0.05 compared turmeric group.

풍미를 유의하게 개선하는 것으로 평가되었다. 울금의 독특한 향은 발효 울금과 비교했을 때 큰 차이가 없었는데, 이는 발효에 의해 발생한 특유의 냄새 때문인 것으로 생각된다. Kim(1)은 덩글레와 말토덱스트린의 첨가가 울금 음료의 색을 갈변화하여 소비자의 기호성 향상에 기여한다고 보고하였다. 따라서 발효울금을 이용해 적절한 제품화 과정을 거친다면 기능성뿐만 아니라 소비자의 기호를 향상시킬 수 있는 건강 기능성 식품개발에 기여할 것으로 생각된다.

요 약

본 연구는 낫토균으로 울금을 발효함으로써 울금의 기호성 향상 및 낫토키나아제의 작용으로 울금의 체내이용율을 증가시켜 생리활성 기능이 증가하는지 알아보고자 연구하였다. 울금을 낫토균으로 발효시킨 결과, 칼슘과 아연의 경우 울금에 비하여 발효울금에서 각각 약 6배와 44배 증가를 보였고, 셀레늄의 경우에는 발효울금에서만 새롭게 검출되었다. 항산화 활성 비교실험 결과, 울금과 발효울금의 항산화 활성은 각각의 실험농도에서 비슷한 효과를 나타내었으나 발효울금이 울금보다 항산화 활성이 약간 높았다. 발효울금의 간 기능 개선효과에 미치는 영향을 사염화탄소로 간 손상을 일으킨 마우스에서 실험한 결과, AST 및 ALT 효소 활성의 유의적인 감소를 보였고(p<0.05) 특히 사염화탄소에 의해 야기된 간조직의 염증, 괴사 및 지방의 축적이 확연히 적어지는 등 정상군에 가깝게 간 손상이 회복되어 발효울금은 간 기능성 개선에서 울금보다 효과적이었다. 낫토균으로 발효한 발효울금의 혈중 지질 개선효과를 평가하기 위해 고지방(20% 지방) 식이로 유도된 마우스에서 발효울금 및 울금의 경우투여에 의한 혈중 지질 함량 변화를 평가한 결과, 고지방 식이에 의해 증가된 총 콜레스테롤과 LDL 농도를 유의적으로 감소시켰으며 HDL 콜레스테롤 농도는 유의하게 증가시켰다(p<0.05). 본 연구에서 울금 및 발효울금 모두 혈중지질을 효과적으로 개선하였으나, 발효울금의 경우 저농도 투여에 의해서도 혈중 지질 개선효과가 나타나 울금에 비해 상대적인 우수성을 나타내었다. 또한 낫토균에 의한 울금의 발효가 울금 특유의 이취에 의한 쓴맛 및 신맛을 유의하게 개선하는 것으로 평가되어 적절한 제품화 과정을 거친다면 기능뿐만 아니라 소비자의 기호를 향상시킬 수 있는

건강 기능성 식품개발에 기여할 것으로 생각된다.

감사의 글

본 논문은 2008년 건양대학교 RIS사업단과 2007년 명곡 의과학연구소 연구비에 의해 수행되었다.

문헌

1. Kim CR. 2006. Enhancement of liver function by curcuma extract on acute hepatotoxicity in rat. *Korean J Food Sci Ani Resour* 26: 386-393.
2. Chi HJ, Kim HS. 1983. Curcumin content of cultivated turmeric in Korea. *Korean J Pharmacognosy* 14: 67-69.
3. Arora RB, Basu N, Kapoor V, Jain AP. 1971. Anti-inflammatory studies on *Curcuma longa* (turmeric). *Indian J Med Res* 59: 1289-1295.
4. Chainani WN. 2003. Safety and anti-inflammatory activity of curcumin: a component of turmeric (*Curcuma longa*). *J Altern Complement Med* 9: 161-168.
5. Aggarwal BB, Kumar A, Bharti AC. 2003. Anticancer potential of curcumin: preclinical and clinical studies. *Anti-cancer Res* 23: 363-398.
6. Huang MT, Smart RC, Wong CQ, Conney AH. 1988. Inhibitory effect of curcumin, chlorogenic acid, caffeic acid and ferulic acid on tumor promotion in mouse skin by 12-O-tetradecanoylphorbol-13-acetate. *Cancer Res* 48: 5941-5946.
7. Ozaki K, Kawata Y, Amano S, Hanazawa S. 2000. Stimulatory effect of curcumin on osteoclast apoptosis. *Biochem Pharmacol* 52: 437-440.
8. Ferreira LAF, Henriques OB, Andreoni AAS, Vital GRF, Campos MMC, Habermehl GG, Moraes VLG. 1992. Antivenom and biological effects of ar-turmerone isolated from *Curcuma longa* (Zingiberaceae). *Toxicon* 30: 1211-1218.
9. Unnikrishnan MK, Rao MN. 1995. Inhibition of nitrite induced oxidation of hemoglobin by curcuminoids. *Pharmazie* 50: 490-492.
10. Park EJ, Yoon KR, Kim JH, Kang WS. 1998. Antioxidative property of turmeric (*curcuma rhizoma*) ethanol extract. *Korean J Food Sci Technol* 30: 266-271.
11. Deshpande UR, Gadre SG, Raste AS, Pillai D, Bhide SV, Samuel AM. 1998. Protective effect of turmeric (*Curcuma longa* L) extract on carbon tetrachloride-induced liver damage in rat. *Indian J Exp Biol* 36: 573-577.
12. Park EJ, Jeon CH, Ko G, Kim J, Sohn DH. 2000. Protective effect of curcumin in rat liver injury induced by carbon tetrachloride. *J Pharm Pharmacol* 52: 437-440.
13. Park KJ. 2006. Method for fermenting tumeric and method for making eatable composition having main material for tumeric. *Korean Patent* 565,989.
14. Kim MO, Oh SC, Kim SS. 2008. Method of manufacturing curcuma domestica fermented extract. *Korean Patent* 842,022.
15. Milner M, Makise K. 2002. Natto and its active ingredient nattokinase: A potent and safe thrombolytic agent. *Alternative & Complementary Therapies* 8: 157-164.
16. Nam HK. 1987. Influence of magnesium and calcium on the serum cholesterol level lowering (III)—Influence of Korea ginseng. *J Korean Soc Food Nutr* 16: 18-21.
17. Kwon OJ, Choi UK, Lee EJ, Cho YJ, Cha WS, Son DH, Chung YG. 2000. Chemical changes of meju made with barley bran using fermentation. *Korean J Food Sci Technol* 32: 1135-1141.
18. Ju JC, Shin JH, Lee SJ, Cho HS, Sung NJ. 2006. Antioxidative activity of hot water extracts from medicinal plants. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35: 7-14.
19. Sharma RA, McLelland HR, Hill KA, Ireson CR, Euden SA, Manson MM, Pirmohamed M, Marnett LJ, Gescher AJ, Steward WP. 2001. Pharmacodynamic and pharmacokinetic study of oral curcuma extract in patients with colorectal cancer. *Clin Cancer Research* 7: 1894-1900.
20. Pan MH, Huang TM, Lin JK. 1999. Biotransformation of curcumin through reduction and glucuronidation in mice. *Drug Metab Dispos* 27: 486-494.
21. Kim MH, Lee YS, Lee DH, Park HS, Sung CJ. 2001. The study of relation among serum copper, zinc, leptin and lipids of middle-school girls. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 540-546.
22. Jun YS, Sung CJ. 1996. Effects of dietary Fe and Se levels on lipid levels in serum and liver of rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 25: 568-574.
23. Kim TH, Son YK, Hwang KH, Kim MH. 2008. Effects of *Angelica keiskei* Koidzumi and turmeric extract supplementation on serum lipid parameters in hypercholesterolemic diet or P-407-induced hyperlipidemic rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 708-713.

(2009년 1월 22일 접수; 2009년 3월 2일 채택)