

누룩 또는 밀기울 첨가식으로 성장시킨 흰쥐의 혈중 Cholesterol 및 간조직 유해산소 대사효소 활성 변동

윤종국[†] · 채순님 · 허남응* · 김현수** · 유대식**

계명대학교 공중보건학과

*경상대학교 생물학과

**계명대학교 미생물학과

Effects of *Nuruk* or Wheat Bran Supplemented Diet on the Serum Levels of Cholesterol and Activities of Hepatic Oxygen Free Radical Metabolizing Enzymes in Rats

Chong-Guk Yoon[†], Soon-Nim Chae, Nam-Eung Huh*,
Hyun-Soo Kim** and Tae-Shick Yu**

Dept. of Public Health, Keimyung University, Taegu 704-701, Korea

*Dept. of Biology, Kyeongsang National University, Chinju 660-701, Korea

**Dept. of Microbiology, Keimyung University, Taegu 704-701, Korea

Abstract

The effects of *nuruk* and wheat bran on cholesterol level in serum and activities of free radical metabolizing enzymes were investigated in rats. The rats were fed a diet containing *nuruk* or wheat bran for one month. Body weight and food intake were measured. Animals were sacrificed after one month. The increased food efficiency ratio throughout whole growth period was observed in the rats fed with either *nuruk* containing *Aspergillus terreus* or wheat bran compared with control group on normal diet. In the rats fed with *nuruk*, hepatic GSH content, glutathione S-transferase activity, hepatic cytochrome P-450 content, and aniline hydroxylase activities were generally increased. In the rats fed with *nuruk* containing other fungi except *Aspergillus terreus*, xanthine oxidase activity was decreased. The decreased cholesterol level in serum was observed in rats fed with *nuruk* prepared from *Aspergillus terreus* and wheat bran. LDL-cholesterol level was decreased in rats fed with *nuruk* prepared with other fungi such as *Penicillium sp.* and *Rhizopus sp.* But HDL-cholesterol level was increased in all groups fed with *nuruk* from any fungi and wheat bran. These results suggested that *nuruk*- or wheat bran-supplemented diet might exert their effect by decreasing cholesterol level in serum and amount of oxygen free radical level.

Key words: *nuruk*, cholesterol, oxygen free radical metabolizing enzymes

서 론

고래로부터 한국은 된장, 간장 및 김치 등과 같은 여러 종류의 발효식품이 우리의 식단을 차지하는 발효식품 문화권에 속하는 나라였으나, 경제 발전에 따른 생활의 향상과 더불어 세계화, 국제화 추세로 이질적인 외국의 식문화가 유입되면서 우리의 전통식품 문화는 퇴색되어 가고 있는 실정이다. 그러므로 우리의 전통식품을 연구, 재평가하는 것은 국민의 건강을 위해서 뿐

만 아니라 세계 시장화에도 상당한 의의를 가질 것으로 생각되어 전통주의 제조에 이용되는 누룩을 연구대상으로 하였다.

전통기호식품의 일종인 전통주의 제조에 이용되는 우리나라의 누룩은 외국의 것들과는 달리 양조의 당화제이면서, 발효제의 역할을 동시에 수행함으로써 주류의 품질에 막대한 영향을 미치는 것으로, 생전분 곡류를 살균하지 않고 일정한 크기로 성형하여 자연상태에서 만들기 때문에 공기 중에 존재하는 많은 종류의 미

[†]To whom all correspondence should be addressed

생물이 서식하게 되어 사상균, 효모 뿐만 아니라 세균 등 다양한 미생물의 조성으로 이루어져 있다(1). 이러한 누룩의 특성 때문에 전통주의 발효과정에서는 미생물의 조성에 따라 알코올 성분 이외에도 여러 종류의 물질들이 부생될 수 있을 것이며, 또한 생성된 물질들 중에는 인체의 생리현상에 영향을 미칠 수 있는 것도 함유되어 있을 것(2)으로 사료되어지나, 아직까지 미생물의 동정을 위한 연구 외에는 별다른 보고가 없다. 특히 누룩 및 밀기울 함유 식이로 성장한 실험동물에 있어서 oxygen free radical 대사에 대한 연구는 지금까지 보고된 바가 없다.

이에 본 연구에서는 이들 미생물 중 전통 누룩에서 분리한 곰팡이를 이용하여 저분쇄한 생밀에 단독 또는 혼합하여 몇가지 형태의 조합으로 조제된 누룩의 일정량을 첨가하여 만든 사료로 흰쥐를 1개월간 사육시킨 후 처치하여 간조직 중 oxygen free radical 대사에 관여하는 효소활성 변동과 더불어 혈중 cholesterol 및 지단백질의 함량 변동을 상호비교 검토함으로써 우리 전통 식품의 발전을 위한 기초자료를 제시코자 한다.

재료 및 방법

실험동물 및 처치

실험동물은 체중 120g 내외의 외견상 건강한 Sprague-Dawley 종의 숫 흰쥐 60마리를 구입, 각 7마리를 한 군으로 하여 Table 1에 기술된 바와 같이 각 균주를 함유한 누룩을 마쇄하여 분말로 한 다음 각각 사료 100g당 25g 함유하도록 첨가, 조제한 것을 공급(Group 1~6)하였고, 누룩 대신 밀기울 (wheat bran) 첨가 식이를 공급한 군 및 누룩을 첨가하지 않는 순수한 사료(삼양주식회사)를 공급한 대조군으로 분류하였다. 이상 모든 실험군 및 대조군을 1개월간 항온 항습(25°C, 습도 50~60%)하에서 사육하였다.

실험동물의 처치는 효소활성의 일중 변동을 고려하여 일정한 시간에, ether 마취하에서 복부정중선을 따

라 개봉한 후 복부대동맥으로부터 채혈하고, 생리식염수로 간장을 관류하여 간장 내에 남아 있는 혈액을 제거한 다음 적출하였다. 적출한 간은 생리식염수로 장기표면에 묻은 혈액을 씻은 후 여지로 압박하여 간장 내에 남아 있는 생리식염수를 가능한 모두 제거하고 무게를 칭량한 다음 효소시료로 사용하였다.

채혈한 혈액은 3,000rpm에서 30분간 원심분리한 후 혈청을 분리하여 생화학 실험의 시료로 사용하였다.

누룩의 제조

누룩의 제조에 사용한 균주는 한국 전통누룩에서 분리한 당화력, 액화력 및 산 생성능이 우수한 곰팡이(2)인 *Aspergillus sp.* No. 3-6, *Aspergillus sp.* No. 12-1, *Penicillium sp.* No. 7-7, *Rhizopus sp.* No. 18-1 및 cholesterol 생합성 효소인 hydroxy methyl glutaryl-CoA(HMG-CoA reductase)의 활성을 억제하여 cholesterol생합성을 저해하는 물질인 lovastatin(3)을 생산하는 *Asp. terreus*를 사용하였다. 중국은 ethylene oxide gas로 멸균한 생밀기울 100g에 멸균수를 35ml 첨가한 후 각각의 공시균 포자현탁액(약 10⁹ spores/ml)을 3ml 씩 접종하여 28°C에서 7일간 배양하여 제조하였다. 각 배양체(중국)는 (주)경주법주에 의뢰하여 Table 1에서 보인 group별로 각각의 공시균주의 중국을 1g씩을 조분쇄한 생밀에 혼합접종(*Asp. terreus* 단독배양은 5g 첨가)한 후 10일간 국실에서 배양하여 누룩을 조제하였다. 제조누룩의 형태는 원반형으로 1개당 무게가 1kg 되게 제조하였으며, 배양후 20일간의 건조기간을 거친 다음 본 실험에 사용하였다.

효소시료 조제

간조직을 빙냉하에서 절편으로 만들고 일정량을 칭량하여 4배량의 0.25 M sucrose액과 함께 glass teflon homogenizer로 마쇄하여 균질액(20% W/V)을 만들었다. 이 마쇄균질액을 105,000×g에서 1시간 동안 초원심분리하여 cytosol 분획과 microsome 분획을 분리하

Table 1. Classification of experimental animal fed various *nuruk* supplemented diet based on the composition of fungi

| Groups | Composition of fungi | Abbreviation |
|--------------|--|--------------|
| 1 | <i>Asp. sp.</i> (3-6, 12-1), <i>Pen. sp.</i> (7-7), <i>Rhi. sp.</i> (18-1) | AsPR |
| 2 | <i>Asp. sp.</i> (3-6, 12-1), <i>Rhi. sp.</i> (18-1) | AsR |
| 3 | <i>Asp. sp.</i> (3-6), <i>Pen. sp.</i> (7-7), <i>Rhi. sp.</i> (18-1) | AsRP |
| 4 | <i>Asp. sp.</i> (3-6), <i>Rhi. sp.</i> (18-1), <i>Asp. terreus</i> | AsPRAt |
| 5 | <i>Asp. sp.</i> (12-1), <i>Pen. sp.</i> (7-7), <i>Rhi. sp.</i> (18-1), <i>Asp. terreus</i> | AsPRAt |
| 6 | <i>Asp. terreus</i> | At |
| Wheat bran | Wheat bran | WB |
| Control diet | Normal chow | Control |

였으며, cytosol 분획은 xanthine oxidase(XO), super-oxide dismutase(SOD) 활성에 사용하였고 microsome 분획은 aniline hydroxylase 활성 측정에 사용하였다.

효소활성도 측정

Glutathione S-transferase의 활성도는 Habig 등(4)의 방법에 따라 1-chloro-2,4-dinitrobenzene(CDNB)과 glutathione을 기질로 하여 반응시키는 동안 생성된 2,4-dinitro-benzene-glutathione conjugate량을 340nm에서 측정하였으며, superoxide dismutase(SOD)의 활성도는 hematoxylin 자동산화의 억제정도를 관찰하는 Marte와 Halberg의 방법(5)으로 측정하였다. Xanthine oxidase(XO) 활성도는 xanthine을 기질로 하여 효소 시료와 함께 반응시키는 동안 생성되는 uric acid를 292 nm에서 흡광도를 측정하는 Stirpe와 Della Corte(6)의 방법, 혈청중 alanine aminotransferase(ALT) 활성도 측정은 L-alanine과 α -ketoglutaric acid을 기질로 하여 효소 시료와 함께 반응시킨 후 생성된 pyruvic acid를 alkali 조건하에서 2,4-dinitrophenyl hydrazine과 반응시켜 발색되는 색조를 비색 정량하는 Reitman과 Frankel 방법(7)에 따라 측정하였다. 한편, 단백질 정량은 Lowry 등(8)의 방법에 준하여 bovine serum albumin을 표준품으로 하여 측정하였다.

간조직 중 GSH 및 lipid peroxide(LPO) 함량 측정

간조직 중 glutathione(GSH)의 함량은 Ellman(9)의 방법에 따라 비단백성 sulfhydryl group을 5,5-dithio-bis(2-nitrobenzoic acid)로 발색시켜 412nm에서 비색 정량하였고, 지질과산화물 함량은 Ohkawa 등(10)의 방법에 준하여 thiobarbituric acid와 가열 반응시켜 생긴 물질을 532nm에서 측정하였다.

혈청 총 cholesterol, LDL- 및 HDL-cholesterol 측정

Cholesterol 측정은 효소법인 Allain 등(11)의 방법에 의하여 조제된 kit 시약(아산제약회사)으로, LDL 및 HDL cholesterol은 Cobb와 Sanders(12)의 방법에 의하여 조제된 kit(Helena Lab)를 이용하여 측정하였다.

이상 실험결과와 통계처리는 Student's t-test를 이용하여 상호비교하였다.

결과 및 고찰

체중변동, 사료효율 및 간세포 손상의 monitoring

누룩사상균의 균주조성에 따른 누룩함유식으로 1개월간 성장시킨 흰쥐의 체중변동을 나타낸 것은 Table 2이다. 성장 24일까지는 모든 실험군에서 대조군과 더불어 체중증가율이 유사하였으나 24일 이후 30일까지 각군간의 체중증가율이 다소 차이가 있었지만 통계적인 의미는 없었다.

한편, *Asp. terreus* 균주 함유 누룩식으로 성장시킨 AsRat, AsPRat, At group은 대조군보다 사료효율이 다소 높은 경향을 보였으며, 특히 밀기울 함유식이(WB)로 성장시킨 흰쥐에서 사료효율은 대조군에 비하여 약 30%($p < 0.01$) 정도 유의한 증가를 보였다(Table 3). Stanley(13)는 밀기울 첨가식으로 성장시킨 mice에 있어서 체중 변동과 사료 효율에는 별다른 영향이 없다고 보고하였다. 그러나 본 실험에서 사료 효율이 밀기울 섭취 흰쥐에 있어서 증가됨은 실험동물 종의 차이라고 생각된다. 그리고 간세포손상의 지표로 알려져 있는 체중당 간무게 및 혈청 중 ALT 활성(14) 변동을 관찰하였을 때, 체중당 간무게와 혈청 ALT 활성은 모든 실험군 및 대조군간에 별다른 차이를 나타내지 않았다(Table 4).

Table 2. Body weight gains during one month in rats fed *nuruk* supplemented diet

| Days | Control | AsPR | AsR | AsRP | AsRat | AsPRat | At | WB |
|------|-----------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 0 | 122.00 ± 2.20 ¹⁾ | 126.00 ± 1.14 | 123.00 ± 1.59 | 124.00 ± 1.96 | 118.00 ± 8.01 | 131.00 ± 2.54 | 115.00 ± 7.19 | 114.00 ± 5.58 |
| 4 | 149.00 ± 3.02 | 148.00 ± 0.97 | 145.00 ± 2.25 | 140.00 ± 6.31 | 143.00 ± 6.86 | 147.00 ± 3.56 | 141.00 ± 3.70 | 142.00 ± 3.72 |
| 8 | 172.00 ± 2.42 | 172.00 ± 1.14 | 170.00 ± 2.25 | 167.00 ± 3.77 | 165.00 ± 7.76 | 176.00 ± 1.14 | 165.00 ± 3.44 | 169.00 ± 4.14 |
| 12 | 181.00 ± 1.50 | 180.00 ± 1.29 | 180.00 ± 2.24 | 178.00 ± 3.37 | 175.00 ± 6.39 | 183.00 ± 1.29 | 175.00 ± 2.71 | 178.00 ± 3.21 |
| 16 | 205.00 ± 2.93 | 202.00 ± 2.42 | 203.00 ± 2.56 | 200.00 ± 2.77 | 195.00 ± 4.17 | 202.00 ± 4.00 | 195.00 ± 3.00 | 203.00 ± 2.01 |
| 20 | 220.00 ± 2.21 | 200.00 ± 9.26 | 210.00 ± 2.47 | 203.00 ± 2.67 | 202.00 ± 2.46 | 205.00 ± 3.75 | 198.00 ± 3.20 | 210.00 ± 2.58 |
| 24 | 235.00 ± 3.74 | 220.00 ± 7.58 | 229.00 ± 2.82 | 216.00 ± 6.80 | 219.00 ± 3.00 | 227.00 ± 4.95 | 221.00 ± 3.19 | 231.00 ± 2.31 |
| 28 | 238.00 ± 8.98 | 223.00 ± 9.64 | 234.00 ± 2.99 | 211.00 ± 13.6 | 223.00 ± 3.04 | 226.00 ± 8.66 | 224.00 ± 3.27 | 236.00 ± 2.23 |
| 30 | 240.00 ± 9.02 | 229.00 ± 6.71 | 222.00 ± 8.00 | 216.00 ± 9.27 | 225.00 ± 5.77 | 228.00 ± 12.8 | 224.00 ± 4.00 | 244.00 ± 2.45 |

¹⁾Each value represents the mean ± S.E of 7 rats.

Table 3. Food efficiency ratio(FER) in rats fed various *nuruk* supplement diets based on the composition of fungi

| Groups | FER ¹⁾ |
|--------------|-----------------------------|
| Control diet | 0.198±0.009 ²⁾ |
| AsPR | 0.207±0.012 |
| AsR | 0.201±0.014 |
| AsRP | 0.206±0.009 |
| AsRAt | 0.216±0.015 |
| AsPRAt | 0.219±0.024 |
| At | 0.223±0.013 |
| WB | 0.258±0.011 ^{**3)} |

¹⁾FER: Food efficiency ratio= $\frac{\text{Body weight gain(g)}}{\text{Food intake(g)}}$

²⁾Each value represents the mean±S.E. of 7 rats.

³⁾Significantly different from the control diet(**p<0.01)

Table 4. Liver weight per body weight(%) and serum levels of alanine aminotransferase(ALT) activity

| Groups | Liver wt./body wt.(%) | ALT activity ¹⁾ |
|---------|-------------------------|----------------------------|
| Control | 3.86±0.17 ²⁾ | 31.50±2.50 |
| AsPR | 4.03±0.26 | 34.60±1.69 |
| AsR | 3.63±0.39 | 32.00±3.13 |
| AsRP | 3.56±0.22 | 33.60±0.25 |
| AsRAt | 3.82±0.07 | 36.30±0.75 |
| AsPRAt | 3.66±0.36 | 34.81±0.75 |
| At | 3.70±0.07 | 33.60±0.98 |
| WB | 3.49±0.17 | 34.60±0.60 |

¹⁾Karmen unit/ml of serum

²⁾Each value represents the mean±S.E. of 7 rats.

이상 실험 결과를 고려해 볼 때, 본 실험에서 공급한 누룩 및 밀기울을 첨가시킨 사료로 성장시킨 실험동물에서는 간조직에 별다른 병리적인 소견이 없는 것으로 사료되어 정상적인 건강이 유지된 것으로 생각된다.

유해산소 대사효소활성 및 항산화생리활성물질의 함량 변동

Asp. terreus 균주 함유 누룩섭취군인 AsPRAt와 At군 및 밀기울 섭취군에 있어서 항산화제 역할을 하는 생리활성물질이면서 포함인자로 알려져 있는 간조직 GSH 함량(15)은 대조군에 비하여 각각 52%(p<0.05), 63%(p<0.01), 54%(p<0.05)의 현저한 감소를 보였으나 다른 누룩섭취군은 대조군과 별다른 차이를 볼 수 없었고, GSH의 포합효소인 GST의 활성(15)은 모든 실험군에서 대조군보다 대체적으로 높게 나타났다. 또한 독성물질과 더불어 약물해독에 관여하는 cytochrome P450에 의한 aniline hydroxylase의 활성(16)은 누룩함유식을 섭취케한 모든 실험군에서 대조군보다 대체적으로 높게 나타났으며, *Asp. terreus*를 함유치 않는

누룩을 섭취케한 실험군에서 높게 나타났고, 밀기울섭취군에서는 오히려 대조군보다 낮게 나타났다.

한편 oxygen free radical 해독에 관여하는 간조직의 superoxide dismutase 활성은(17) 대조군과 모든 실험군간에 별다른 차이를 볼 수 없었으나, 생체세포의 방어기전에 관여한다는 xanthine oxidase 활성은(18) *Asp. terreus* 균주를 포함하지 않는 누룩섭취실험군에서는 감소되었으나 이 균주를 포함한 실험군에서 대조군과 별다른 차이가 관찰되지 않았다(Table 5).

이상 실험결과를 종합해 볼 때, 실험동물에 *Asp. terreus* 균주함유 누룩 및 밀기울을 섭취할 경우 생체내에서 유해산소를 신속히 무독화 시킴과 동시에 생체의 방어능력을 향상시킬 수 있을 것으로 생각된다. 또한 누룩 함유식으로 성장한 실험동물에 있어서 유해산소 대사효소 활성 및 항산화물질의 변동은 누룩 중 함유된 균주로부터 생성된 생리활성물질에 기인된 결과로 생각되나 이 점에 대해서는 계속 연구 검토할 과제로 남아 있다.

혈청 총 cholesterol 및 cholesterol 운반지단백질 함량 변동

균주의 종류에 따른 누룩 및 밀기울 첨가식으로 성장한 흰쥐의 혈청 총 cholesterol, LDL- 및 HDL-cholesterol 함량 변동을 관찰한 결과는 Table 6과 같다.

총 cholesterol 치는 누룩섭취 실험군 및 밀기울 섭취군 모두에서 대체적으로 대조군보다 감소되는 경향을 보였으며, 특히 밀기울 및 *Asp. terreus* 함유 누룩섭취군에서 감소율이 크게 나타났다. 이러한 결과는 *Asp. terreus* 균주가 생육한 누룩에 본 균주가 생산하는 cholesterol 합성 억제제인 lovastatin(3)의 생산에 의한 결과로 추정된다. 그러나 *Asp. sp.*, *Rhi. sp.*, *Pen. sp.*와 같은 균주가 함유된 누룩을 섭취한 실험동물에서도 혈청 cholesterol치가 대조군보다 낮게 나타나고 있어 이들 균주도 *Asp. terreus*와 마찬가지로 cholesterol 합성 억제물질의 생산이 영향을 미칠 것으로 생각된다. 특히 밀기울 성분이 혈청 cholesterol치를 낮추는 현상이 밀기울중 어떤 생리활성물질에 기인된 결과인지는 본 실험의 결과만으로는 판단하기 어려우며, 이점에 대해서는 추후 계속 연구 검토되어야 할 것이다.

한편 cholesterol의 운반에 관여하는 lipoprotein인 LDL 및 HDL에 함유된 cholesterol 함량을 관찰한 성적이 Table 6이다.

LDL-cholesterol 역시 밀기울 및 누룩 함유식으로 성장시킨 흰쥐에서 대체적으로 대조군보다 낮게 나타나는 경향을 보였으나 AsPR군에 있어서는 대조군과

Table 5. Oxygen free radical metabolizing enzyme activities and bioactive substance in rats fed the diet containing *nuruk*

| Groups | GSH ¹⁾ | GST ³⁾ | AH ⁴⁾ | XO ⁵⁾ | SOD ⁶⁾ |
|---------|-------------------------|-------------------------|------------------|------------------|-------------------|
| Control | 0.97±0.16 ⁷⁾ | 6.07±0.58 ⁸⁾ | 2.25±0.27 | 3.10±1.67 | 9.56±0.35 |
| AsPR | 0.88±0.18 | 7.30±0.66 | 4.40±0.39*** | 2.46±1.67 | 9.23±0.49 |
| AsR | 0.88±0.20 | 8.80±0.40** | 4.93±0.23*** | 2.62±1.91 | 11.98±0.43*** |
| AsRP | 0.90±0.16 | 7.44±0.34 | 4.65±0.48*** | 2.58±1.43 | 13.18±0.79** |
| AsRAt | 1.02±0.17 | 8.69±0.34** | 3.67±0.37** | 3.00±0.26 | 11.27±1.08 |
| AsPRAt | 0.46±0.06* | 7.31±0.34 | 3.20±0.33* | 2.77±2.15 | 10.65±1.27 |
| At | 0.36±0.06** | 7.73±0.42* | 2.87±0.22 | 3.17±0.14 | 9.90±0.84 |
| WB | 0.45±0.08* | 6.66±0.31 | 1.78±0.15 | 3.03±0.10 | 11.89±0.43 |

¹⁾μmoles/g of tissue, ²⁾nmoles/g of tissue, ³⁾2,4-dinitro-benzene-glutathione conjugate nmoles/mg protein/min.

⁴⁾nmoles p-aminophenol/mg protein/hr, ⁵⁾nmoles uric acid/mg protein/min.

⁶⁾unit/mg protein(50% inhibition of autoxidation of hematoxylin), ⁷⁾Each value represents the mean±S.E. of 7 rats.

⁸⁾Significantly different from the control diet(*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001)

Table 6. Cholesterol, lipoprotein levels and total cholesterol/HDL-cholesterol(A.I) in sera of rats fed the diet containing *nuruk*

| Groups | LDL(mg/dl) | HDL(mg/dl) | Total cholesterol(mg/dl) | A.I. ³⁾ |
|--------------|--------------------------|------------|--------------------------|--------------------|
| Control diet | 16.20±1.07 ¹⁾ | 36.05±3.94 | 80.80±5.97 | 2.09±0.14 |
| AsPR | 16.34±1.28 | 40.28±2.85 | 80.12±4.49 | 2.09±0.20 |
| AsR | 14.40±1.06 | 40.28±1.64 | 65.12±0.73* | 1.57±0.33** |
| AsRP | 15.94±1.46 | 39.07±1.91 | 72.55±3.82 | 1.88±0.16 |
| AsRAt | 12.72±1.09 ²⁾ | 40.09±3.71 | 67.26±1.86 | 1.59±0.17* |
| AsPRAt | 15.20±0.88 | 38.95±1.51 | 67.91±4.95 | 1.67±0.21 |
| At | 14.06±0.58 | 40.78±0.44 | 68.94±5.73 | 1.77±0.18 |
| WB | 12.32±1.33* | 37.15±1.65 | 59.48±8.68 | 1.89±0.19 |

¹⁾Each value represents the mean±S.E. of 7 rats.

²⁾Significantly different from the control diet(*p<0.05, **p<0.01)

³⁾Atherogenic index

별다른 차이를 볼 수 없었다. 그리고 HDL-cholesterol은 누룩함유식이로 성장한 모든 실험군에서 대체적으로 대조군보다 다소 높게 나타났다. 또한 HDL-cholesterol과 total cholesterol 함량을 비교한 동맥경화증 지수(A.I)에 있어서는 AsPR group 이외의 모든 누룩식이 및 밀기울 섭취군에서 대조군보다 낮게 나타났다.

이러한 실험결과들을 고려해 볼 때, 밀기울 및 누룩 성분은 생체에서 동맥경화증 유발에 관여하는 LDL-cholesterol의 함량을 감소시킬 뿐만 아니라 동맥경화증을 예방해주는 HDL-cholesterol의 함량을 증가시키고, 동맥경화증 지수도 감소시키고 있어 혈관 순환기계 질환의 예방과 치료에 효과가 기대될 뿐 아니라 밀기울 및 *Asp. terreus* 등이 함유된 누룩의 사료로서 이용가능성이 매우 크다고 사료된다.

이상 실험결과들과 문헌상의 지견을 종합해 볼 때, 누룩 및 밀기울 첨가식이로 성장시킨 흰쥐에 있어서 oxygen free radical의 해독과 생체방어 능력을 향상 시켜줄 수 있을 뿐만 아니라 혈청 중의 cholesterol의 함량도 저하된 바, 동맥경화증의 예방에도 관여할 수 있을

것으로 사료되나, 누룩 및 밀기울 중에 함유되어 있는 어떤 생리활성물질에 기인되어 나타난 결과인지는 본 실험만으로는 판단하기 힘든 것으로 이에 대한 구체적인 연구는 계속 검토해야할 과제로 남아있다.

요 약

누룩 및 밀기울 첨가식이로 성장한 흰쥐에 있어서 간 조직 중 free radical 대사효소 활성 및 혈청 중 cholesterol치의 변동을 관찰하고자 군주 종류에 따른 몇가지 누룩 및 밀기울을 첨가시킨 사료로 1개월간 사육시킨 후 처치하여 다음과 같은 결과를 얻었다. *Asp. terreus* 군주함유 누룩섭취군은 성장기간 동안 사료효율이 대조군보다 다소 높은 경향을 보였으며, 밀기울 함유식이 군 역시 대조군보다 높게 나타났다. *Asp. terreus* 군주함유 누룩섭취군에 있어서 간조직 중 GSH 함량은 대조군보다 유의한 감소를 보였으며 GST 활성은 누룩함유식이로 성장시킨 모든 실험군에서 대조군보다 높게 나타났다. 또한 간조직 중 cytochrome P-450 활성인 aniline

hydroxylase 활성 역시 밀기울 섭취군을 제외한 누룩 섭취군 모두에서 대체적으로 증가되었다. 간조직 중 superoxide dismutase 활성은 누룩 및 밀기울을 섭취한 모든 실험군과 대조군간에는 별다른 차이를 볼 수 없었으나 xanthine oxidase 활성은 *Asp. terreus* 균주를 함유치 않은 누룩섭취군에서는 다소 감소되었다. 한편 혈청 중 cholesterol치는 *Asp. terreus* 함유누룩 및 밀기울 섭취군에서 대체적으로 감소되는 경향을 보였다. 또한 혈청 LDL-cholesterol치는 *Asp. sp.*(3-6, 12- 1), *Pen. sp.* 균주함유누룩섭취군을 제외한 다른 누룩 및 밀기울 섭취군을 제외한 다른 누룩 및 밀기울 섭취군이 대조군보다 대체적으로 낮게 나타났으며, HDL-cholesterol치는 누룩 및 밀기울 함유식이섭취군에서 대조군보다 대체적으로 높게 나타났다. 이상 실험결과를 종합해 볼 때 실험동물에 *Asp. terreus* 균주함유 누룩 및 밀기울을 섭취할 경우 유해산소를 무독화시키고 동시에 생체방어능력을 향상시킬 것으로 생각되며 또한 누룩 섭취시 혈청 cholesterol치를 낮추는 효과를 관찰할 수 있으며 이는 누룩 중 어떤 생리활성물질에 기인된 결과로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 1997년도 과학기술처 선도 기술 개발과제 연구비 지원에 의하여 수행된 결과의 일부이며 이에 깊이 감사드립니다.

문 헌

1. Chang, S. H. : History of Korean spirits. *Korean J. Dietary Culture*, **4**, 271(1989)
2. Kim, H. S., Hyun, J. S., Kim, J., Ha, H. P. and Yu, T. S. : Characteristics of useful fungi isolated from traditional Korean nuruk. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **26**, 767(1997)
3. Vinci, V. A., Hoerner, T. D., Coffman, A. D., Schimmel, T. G., Dabora, R. L., Kirpekar, A. C., Ruby, C. L. and Stieber, R. W. : Mutant of a lovastatin-hyperproducing *Aspergillus terreus* deficient in the production of sulochrin. *J. Ind. Microbiol.*, **8**, 113(1991)
4. Habig, W. H., Pabist, M. J. and Jakoby, W. B. : Glu-

- tathione S-transferase: The first enzymatic step in mercapturic acid formation. *J. Biol. Chem.*, **249**, 7130(1974)
5. Marte, E. and Halberg, F. : Circadian susceptibility rhythm of mice to librium. *Federal Process*, **20**, 305(1987)
6. Stirpe, F. and Della Corte, E. : The regulation of rat liver xanthine oxidase. *J. Biol. Chem.*, **244**, 855(1969)
7. Reitman, S. and Frankel, S. : A colorimetric method for the determination of serum glutamic oxaloacetic acid and glutamic pyruvic transaminase. *Am. J. Clin. Pathol.*, **28**, 58(1957)
8. Lowry, O. H., Rosebrough, N. J., Farr, A. L. and Randall, R. L. : Protein measurement with folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.*, **193**, 265(1951)
9. Ellman, G. L. : Tissue sulfhydryl group. *Arch. Biochem. Biophys.*, **82**, 70(1959)
10. Ohkawa, H., Ohishi, N. and Yaki, K. : Assay for lipid peroxide in animal tissues by thiobarbituric acid reaction. *Anal. Biochem.*, **95**, 351(1979)
11. Allain, C. C., Poon, L. S., Chan, C. S. G., Richmond, W. and Fu, P. C. : Enzymatic determination of total serum cholesterol. *Clin. Chem.*, **20**, 470(1974)
12. Cobb, S. A. and Sanders, J. L. : Enzymatic determination of cholesterol in serum lipoproteins separated by electrophoresis. *Clin. Chem.*, **24**, 1116(1978)
13. Stanley, J. C., Lambadarios, J. A. and Newsholme, E. A. : Absence of effects of dietary wheat bran on the activities of some key enzymes of carbohydrate and lipid metabolism in mouse liver and adipose tissue. *Br. J. Nutr.*, **55**, 287(1986)
14. Yoon, C. G., Shin, J. K. and Chung, K. S. : An effect of carbon tetrachloride treatment on the activity of small intestinal hepatic alanine aminotransferase in rats. *J. Inst. Sci.(Keimyung University)*, **10**, 209(1991)
15. Boyland, E. and Chasseud, L. F. : The role of glutathione and glutathione S-transferase in mercapturic acid biosynthesis. *Adv. Enzymol.*, **32**, 173(1969)
16. Haugen, D. A. and Coon, M. J. : Properties of electrophoretically homogenous phenobarbital-inducible and A-naphthoflavone-inducible forms of liver microsome cytochrome P-450. *J. Biol. Chem.*, **251**, 7929(1976)
17. Halliwell, B. : Biochemical mechanism accounting for the toxic action of oxygen on living organisms: The key role of superoxide dismutase. *Cell. Biol. Int. Rep.*, **2**, 113(1978)
18. Yoon, J. G. : Changes in liver and serum xanthine oxidase activity following administration of carbon tetrachloride in rats. *J. Inst. Life Sci.(Keimyung University)*, **6**, 75(1980)