

젖산균 발효유 섭취가 흰쥐의 신장내 알루미늄 축적억제와 신장기능에 미치는 영향

김중만[†] · 박성수* · 백승화** · 정동현*** · 최용배 · 신용서 · 한성희 · 홍가형

원광대학교 생명자원과학대학

*송원전문대학 식품영양과

**충북도립옥천대학 식품공업과

***축산협동조합중앙회 한국양봉 인천공장

Effects of Fermented Milk Feeding on Function and Suppression of Aluminum Accumulation in Kidney of Rat

Joong-Man Kim[†], Seong-Soo Park*, Seung-Hwa Baek**, Dong-Hyun Chung***, Yong-Bae Choi, Yong-Seo Shin, Seong-Hee Han and Ga-Hyung Hong

Dept. of Agricultural Chemistry, College of Life Science and Natural Resources,
Wonkwang University, Cheonbuk 570-749, Korea

*Dept. of Food Nutrition, Song Won Junior College, Kwang-Ju 502-210, Korea

**Dept. of Food Engineering, Chungbuk Provincial Okchon College, Okchon 373-210, Korea

***Korean Apiculture Co. National Livestock Cooperative Federation, In-chon 405-310, Korea

Abstract

This study was performed to evaluate the effects of the supplementation of lactic acid bacterias (LAB; *S. thermophilus*, *L. acidophilus*) aluminum accumulation and function kidney in rats treated with 250µg/g aluminum sulfate for 4 weeks. Fifty male Sprague-Dawley strains were divided into five groups according to the types of supplement. the control, *S. thermophilus* culture group(A), autoclaved *S. thermophilus* culture(B), *L. acidophilus* culture group(C) and autoclaved *L. acidophilus*(D). The weight gain was increased by supplementation of *S. thermophilus* culture(A), autoclaved *S. thermophilus* culture(B), *L. acidophilus* culture(C), autoclaved *L. acidophilus* culture(D), especially by supplementation of *S. thermophilus* cultured(A) as compared to control group. The amount of water intake was increased in control group as compared to the LAB supplemented group. The content of aluminum were decreased 19.57%, 31.25%, 37.10%, and 32.40% in kidney after supplementation of non-autoclaved culture group (A,C), and autoclaved group(B,D) respectively, as compared to control group. Water balance, urine volume, and excretion of sodium and potassium decreased in LAB supplemented group and control group. Excretion of creatinine increased in control group and tendency to increased in LAB supplemented group. In conclusion, the effect of suppression of aluminum accumulation was more effective in supplementation of *S. thermophilus* culture(A), and *L. acidophilus* culture(C) than autoclaved *S. thermophilus* culture(B), and *L. acidophilus* culture(D).

Key words: aluminum sulfate, kidney functions, suppression of aluminum accumulation, lactic acid bacteria

서론

섭취된 알루미늄은 대부분이 뇨로 배설(1)되나 신장기능에 이상(2)이 있는 사람은 알루미늄이 정상적으로 배설(3)되지 못하고 조직에 축적되어 알츠하이머병(Alz-

heimer's disease)(4,5), Guam의 파킨슨씨 치매(parkinson dementia)(6), 노인성 치매(sensile dementia)(4), 알콜성 치매(alcohol dementia)(4), 및 골연화증(osteomalacia)(7) 등을 유발시키는 사실이 밝혀져, 체내 축적에 의한 독성작용을 방지하기 위한 방법으로 신장을 통

[†]To whom all correspondence should be addressed

[§]본 연구는 1998년도 원광대학교 교내 연구비 지원으로 수행된 결과로써 감사를 포함합니다.

한 배설 촉진여부에 대한 연구 수행이 요구된다. 젖산균은 식생활과정에 발효유제품 및 발효채소류를 통하여 살아 있는 형태로 섭취되는 균으로써 그 기능은 장내에서 혈청 중 콜레스테롤의 감소, 유당의 소화흡수 촉진, 유해세균의 생육억제(8,9), 그리고 대장암 발생물의 저하 등 여러 가지 효과를 나타내며(10-13), 대사산물에 의한 물질개선, 저장성 및 소화흡수율의 증진효과(14), 성장작용(15) 등이 밝혀지고 있으나 유해 금속과의 관계에 한 연구는 비교적 드물다. 중금속 이온이 세균의 세포벽에 있는 음이온 물질과 결합하여 여러 경로를 통하여 세포내로 흡수(16,17), 장관 조건에서의 카드뮴 제거효과(18), 젖산균 발효유가 흰쥐의 카드뮴 축적에 미치는 영향(19)에 관한 보고가 있으나 노령화 사회에서 큰 사회 문제인 노인성 치매와 관련이 있는 것으로 알려진 알루미늄 섭취가 *in vivo*에서 젖산균 발효유에 의하여 어떠한 영향을 미치는지는 아직 구명된 바 없다.

따라서 본 실험에서는 알루미늄과 젖산균 발효유 보충 식이를 흰쥐에게 급여함으로써 젖산균 발효유가 알루미늄의 독성을 완화시킬 수 있는가를 조사하기 위해 신장에 축적된 알루미늄 함량을 측정하고 신장기능을 진단하였다.

재료 및 방법

실험동물

실험동물은 Sprague-Dawley계 수컷 흰쥐 50마리를 삼육실험동물센터(충북 음성)로부터 공급받아, metabolic cage에 1마리씩 넣어 1주일 동안 환경에 적응시킨 후 체중 $125 \pm 5g$ 인 것을 4주간 실험 사육하였다. 먹이는 시판사료(삼양사료: 경기도 화성)를 사용하였으며, 물은 대조군의 경우 증류수를 실험군의 경우 생균 배양액은 10% 탈지분유용액에 젖산균을 접종하여 생균수가 $1 \times 10^{10}/ml$ 수준이 된 배양액을 사용하였으며 배양후 멸균시킨 액(이하 배양별균액이라 함)은 생균 배양액을 $120^\circ C$ 에서 10분간 멸균된 액으로 자유롭게 섭취하도록 하였다. 실험기간 중의 사육실 환경은 실온 $23 \pm 2^\circ C$, 상대습도 55~60% 조건으로 일정하게 유지시켜 주었으며 시판사료의 성분은 Table 1과 같다. 각 실험군은 Table 2와 같이 난괴법에 의해 10마리씩 5개 군으로 나누어 사육하였다.

사료 섭취량 및 체중 변화의 측정

사료 섭취량과 물 및 젖산균 배양액의 섭취량은 매일 오전 10시에 측정하여 전날 공급량에서 남아있는 양을 빼서 일일 섭취량으로 계산하였으며, 체중 변화는

Table 1. Composition of experimental diet¹⁾

Protein	22.1%
Lipid	4.0%
Carbohydrate	65.9%
Ash	8.0%
Source : corn, wheat flour, fish meal, beef tallow soybean milk, soybean meal	

¹⁾Manufactured by samyang Co.

Table 2. Classification of experimental groups

Group ¹⁾	Drinking water
Control	Distilled water
A	Culture of <i>S. thermophilus</i> ²⁾
B	Autoclaved culture of <i>S. thermophilus</i> ³⁾
C	Culture of <i>L. acidophilus</i> ²⁾
D	Autoclaved culture of <i>L. acidophilus</i> ³⁾

¹⁾All rats were fed with aluminum containing diet(250 μ g/g in $Al_2(SO_4)_3$).

²⁾Cultures of A and C were cultured in 10% skim milk solution for 24 hours.

³⁾Cultures of B and D were autoclaved after culture in 10% skim milk solution for 24 hours.

5일에 한번씩 측정하였다.

조직의 적출 및 알루미늄 정량

신장조직을 적출하기 위하여 12시간 절식시킨 후 scaffold로 단두한 뒤 개복 후 각 장기를 적출하여 액체 질소에 급속 동결시켜 $-70^\circ C$ 이하 냉동고에 보관하면서 분석에 이용하였다.

알루미늄 정량을 위하여 Ganje의 혼산분해법(20)에 준하여 시료 1g을 정확히 취해 $HNO_3 : HClO_4(2 : 1, v/v)$ 의 혼산용액 10ml를 가하여 hot plate에서 분해액이 담황색 또는 미색으로 변할 때까지 분해하여 방냉한 액을 50ml로 정용 후 여과한 액(Advantec, Toyo, No. 5B)을 원자흡광분광광도계(Varian; Model Spectroscope AA-30)를 이용하여 lamp current: 3.5mA, wavelength: 228.8 nm, spectral band pass: 0.5nm, optimum working range: 0.5~2.0 μ g/ml, fuel: acetylene, support: air, flame stoichiometry: oxidizing의 조건으로 분석하였다.

뇨중 creatinine 정량, 전해질 및 삼투압 측정

뇨중 creatinine은 Phillips의 방법(21)으로 spectrophotometer(Spectronic 2000, B & L. Rochester, USA)을, 그리고 삼투압은 osmometer(3D2, Advanced Instruments, Needham Heighter, USA)를 사용하여 측정하였으며, 전해질은 electrolyte analyzer(Nova, 4, Newton, MA., USA)로 분석하였다.

통계처리

군간 알루미늄 신장축적량의 차이를 밝히고자 SAS series package의 ANOVA, DMRT로 유의성을 검정하였고(22), 알루미늄 축적으로 인한 신장기능의 차이를 Stat View TM(Brain Power, Inc., Calabasas, CA, USA)를 사용하여 computer(Macintosh IIcx)로 처리하였으며, p-value가 0.05 이하인 경우 유의차를 인정하였고 실험치는 mean±S.E로 나타내었다.

결과 및 고찰

식이섭취량에 미치는 영향

흰쥐의 사육 기간별 사료섭취량 변화는 Table 3과 같다.

1주와 2주째 대조군과 실험군에 있어서 유의적인 차이를 보이지 않았으며 실험군간에 있어서도 유의적인 차이를 보이지 않았다. 그러나 3주째에는 대조군, *L. acidophilus* 배양액 섭취군(C)과 *L. acidophilus* 배양멸균액 섭취군(D)보다 *S. thermophilus* 배양멸균액 섭취군(B군)이 식이섭취량이 증가하는 유의적인 결과를 보였다(p<0.05). 4주째는 대조군과 *S. thermophilus* 배양액 섭취군(A군) 및 배양멸균액 섭취군(B군)간, 그리고 *S. thermophilus* 배양액 섭취군(A군) 및 배양멸균액 섭

취군(B군)이 *L. acidophilus* 배양액 섭취군(C)과 *L. acidophilus* 배양멸균액 섭취군(D)보다 식이섭취량이 증가하여 유의성을 인정할 수 있었다(p<0.05).

이상의 결과는 Schrafer 등(23), Taquchi와 Suzuki(24)가 카드뮴을 경구투여하면 일반적으로 사료섭취량이 감소된다고 보고한 바 있고, Han(25)이 알루미늄을 투여할 경우 사료섭취량의 감소를 보고하였는데 본 실험결과에서도 유사한 경향이 나타났다.

물 및 젖산균 배양액의 섭취량

흰쥐가 4주간 섭취한 증류수와 젖산균 배양액의 양적변화를 조사한 결과는 Table 4와 같다.

수분섭취량은 대조군에서 실험기간 동안 약간 감소하는 경향이 나타났으며 *L. acidophilus* 배양액 섭취군(C군)과 *L. acidophilus* 배양멸균액 섭취군(D군)이 *S. thermophilus* 배양액 섭취군(A군)과 *S. thermophilus* 배양멸균액 섭취군(B군)보다 실험기간 동안 약간 증가하는 경향을 나타냈다.

Cho와 Jun(19)은 체중 g당 13.6μg의 카드뮴 단독투여군과 발효유를 같이 투여한 군 모두 수분섭취량이 감소하나 발효유와 같이 투여한 군이 감소량이 적어 유의성을 인정할 수 있다고 보고한 결과와, Han(25)은 알루미늄을 섭취한 대조군에서 수분섭취량이 저하된다고 한 결과는 본 실험결과와 유사한 경향을 나타내었다.

Table 3. Change of food intake in rat for four weeks

Group ¹⁾	Food intake (g/day)			
	1 week	2 week	3 week*	4 week**
Control	19.08±2.43 ²⁾	19.28±1.98	19.85±1.23 ³⁾	18.88±2.97 ^b
A	17.95±5.15	17.61±3.34	23.26±7.73 ^{ab}	21.37±3.53 ^a
B	18.09±4.49	20.08±3.01	24.41±8.33 ^a	22.19±3.57 ^a
C	18.87±0.93	20.29±2.18	19.96±3.98 ^b	19.34±2.74 ^b
D	19.01±0.78	20.82±1.10	20.75±5.36 ^b	19.40±3.22 ^b

¹⁾Control: aluminum+distilled water, A: aluminum+culture of *S. thermophilus*, B: aluminum+autoclaved culture of *S. thermophilus*, C: aluminum+culture of *L. acidophilus*, D: aluminum+autoclaved culture of *L. acidophilus*

²⁾Mean±SD of 10 experiments

³⁾The different letters in the same column are significantly different(*p<0.05, **p<0.01).

Table 4. Change of drinking water or lactic acid bacteria intake in rat for four weeks

Group ¹⁾	Drinking water intake(ml/day)			
	1 week*	2 week*	3 week*	4 week*
Control	45.27±18.71 ^{2)a3)}	38.27± 7.15 ^a	37.97±8.83 ^a	37.17±5.79 ^{ab}
A	31.23±11.68 ^b	27.60± 8.12 ^c	29.33±8.61 ^b	28.23±6.51 ^b
B	30.63± 7.79 ^{ab}	28.67± 7.25 ^c	33.60±7.45 ^{ab}	30.33±7.84 ^b
C	31.63± 5.86 ^{ab}	35.53± 7.49 ^{ab}	38.27±6.46 ^a	38.33±6.14 ^{ab}
D	30.60±10.06 ^b	31.67±10.21 ^{bc}	37.80±6.56 ^a	40.67±4.49 ^a

Legends are same as Table 3.

체중변화

실험기간 동안 흰쥐의 체중 변화는 Table 5와 같다.

1주째에는 대조군과 젖산균 배양액 섭취군과의 차이는 별로 없었으며, 2주째에는 대조군에 비하여 젖산균 배양액 섭취군들의 체중 차이가 증가하기 시작하여 마지막 4주째의 체중은 대조군에 비하여 유의적으로 높은 차이를 인정할 수 있었다($p < 0.05$). 젖산균 배양액 섭취군에 비하여 대조군의 체중 감소는 알루미늄 화합물의 섭취로 인하여 식욕감퇴와 더불어 신진대사작용이 저하된 것으로 생각된다. 시작부터 4주간의 경시적인 체중변화는 모든군에서 고도의 유의성있는 정상관을 보였다.

이상의 결과는 Schrafer 등(23), Taquchi와 Suzuki(24), Cho와 Jun(19)은 유산발효유와 같이 카드뮴을 경구투여하면 카드뮴 단독 투여시보다 체중이 증가된다고 보고한 내용과 Han(25)의 알루미늄섭취가 흰쥐의 체중감소를 일으켰다고 한 결과와 유사하였다.

신장 중 알루미늄 함량

S. thermophilus 배양액(A군), *S. thermophilus* 배양멸균액(B군), *L. acidophilus* 배양액(C군), *L. acidophilus* 배양멸균액(D군) 섭취가 신장에 축적된 알루미늄 함량 변화에 미치는 영향은 Fig. 1과 같다.

신장조직 중의 알루미늄 축적량은 대조군에서 52.04 $\mu\text{g/g}$ 이었고 *S. thermophilus* 배양액 및 배양멸균액, *L. acidophilus* 배양액(C군) 및 배양멸균액(D군)을 섭취한 경우 5% 수준에서 유의적으로 감소하였으며 대조군(52.04 $\mu\text{g/g}$)에 비하여 *S. thermophilus* 배양액(A군)의 경우는 35.78 $\mu\text{g/g}$ 으로 31.25%의 감소율을 나타냈으며, 배양멸균액(B군)의 경우는 41.86 $\mu\text{g/g}$ 으로 19.57%의 감소율을 나타냈다. 또한 *L. acidophilus* 배양액(C군)의 경우 32.96 $\mu\text{g/g}$ 으로 37.10%와 배양멸균액(D군)의 경우 35.18 $\mu\text{g/g}$ 으로 32.40%의 감소율을 나타냈다.

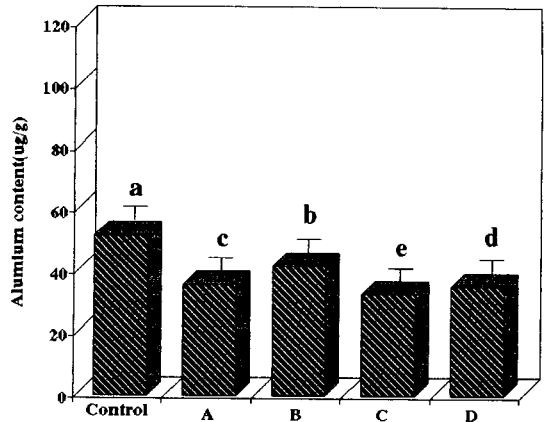


Fig. 1. Content of aluminum in kidney of rat after feeding of lactic acid bacteria cultured for 4 weeks. Footnotes are same as Table 3.

또한 *L. acidophilus* 섭취군이 *S. thermophilus* 섭취군보다 알루미늄 축적량이 적게 나타났으며 배양액 섭취군이 배양멸균액 섭취군보다 그 효과가 현저히 좋았다. 이는 금속이온들이 세포막 부근에서 복합체를 형성하기 때문에 일차적으로 세포막의 형태적, 기능적 변화가 일어난다고 한 Beveridge(17)의 보고로 미루어 알루미늄이 체내 흡수된 젖산균의 세포외막에 존재하는 mucopolysaccharides, peptidoglycan이나 glycerol-based teichoic acid와 같은 음이온 물질에 쉽게 결합되거나 세포막의 active transport system에 의해 알루미늄이 균체내로 흡수되어 변과 함께 체외로 배설되어진다. 다른 중금속의 경우 저급화된 펩티드(26), 아미노산(27), 비타민(28) 등과 결합하여 쉽게 제거할 수 있다고 한 바 있어 젖산균 배양액에 존재하는 저급화된 단백질 분해산물, 비타민이 알루미늄과 상호작용에 의하여 착화합물을 만들어 체외로 배설되어진 것으로 생각된다. 또 *L. acidophilus* 섭취군이 *S. thermophilus* 섭취군보다 알루미늄의 축적량이 낮았던 것은 혐기적인 장관

Table 5. Change of body weight in rat for four weeks

Group ¹⁾	Body weight (unit: g)				
	Initial	1 week*	2 week*	3 week*	4 week*
Control	177.20 ± 5.89 ^{2)D3)}	209.82 ± 7.56 ^{aC}	228.58 ± 9.78 ^{bBC}	242.40 ± 10.50 ^{cB}	277.00 ± 13.60 ^{bA}
A	167.60 ± 14.72 ^D	201.20 ± 18.46 ^{aC}	237.40 ± 13.48 ^{abB}	261.20 ± 6.14 ^{bAB}	282.60 ± 5.50 ^{abA}
B	174.80 ± 10.13 ^D	212.22 ± 8.93 ^{aC}	244.60 ± 15.79 ^{aBC}	275.40 ± 13.13 ^{aAB}	287.80 ± 13.77 ^{abA}
C	166.00 ± 13.21 ^D	203.20 ± 4.44 ^{aC}	236.20 ± 6.38 ^{abB}	244.20 ± 4.08 ^{bcB}	288.20 ± 4.97 ^{abA}
D	173.40 ± 13.14 ^D	205.80 ± 4.49 ^{aC}	239.89 ± 6.50 ^{abB}	247.80 ± 3.34 ^{bcB}	300.80 ± 7.85 ^{aA}

¹⁾Refer to Table 3.

²⁾Mean ± SD

³⁾The different small letters in the same column are significantly different at the 5% level. The different large letters in the same row are significantly different at the 1% level.

조건에서 *L. acidophilus* 섭취군이 *S. thermophilus* 섭취군보다 생존능력이 우수하여 상대적으로 장내에 균체량이 많아져 세포외막에 존재하는 음이온 물질과 쉽게 결합되어 체외로 배설되어지기 때문인 것으로 생각된다.

한편 Greger(1)는 정상적인 식생활에서 알루미늄을 2~10mg/day을 섭취하며 그 중 뇨로 배설되는 양은 100 µg/day 이하라고 보고한 바 있고, Gorsky 등(29)은 정상인이 제산제와 같은 의약품을 1.08~3.8g/day 섭취할 경우 뇨로 배설되는 알루미늄량은 16~495µg/day라고 하였으며, Alfrey 등(2)은 알루미늄 섭취량의 0.3~0.5%가 체내에 축적된다고 보고하였다.

뇨중 creatinine, 전해질 및 삼투압의 변화

신장은 항상성유지, 노폐물 배설, 산-염기 평형 및 내분비 기능 등을 조절하는 기관(30-33)이므로 신장기능에 이상이 일어나면 체조직에 알루미늄이 축적되어 많은 질병을 유발하는 원인(34)이 된다고 보고되었다. 본 실험에서 흰쥐의 뇨를 받아 creatinine, 전해질 및 삼투압의 변화를 측정된 결과는 Table 6과 같다.

체내 수분평형과 뇨량은 대조군, 젖산균 배양액 및 배양멸균액을 섭취한 각 실험군 모두 사육기간이 경과할수록 감소하였다.

체내 수분평형은 A, C, D군이 감소하였으나 약간의 증가를 보인 B군과는 유의적인 차이를 볼 수 없었으나 대조군과는 유의성이 인정되었다(p<0.05). 뇨량은 대조군, A, C, D군에서 감소되었으나 B군만은 증가하여 A군과는 유의적인 차이가 없었으나 그외 군과는 유의성이 인정되었다(p<0.05).

뇨 중 전해질인 Na⁺의 배설량의 경우 대조군은 사육기간이 길어질수록 감소하였고, 젖산균 배양액과 배양멸균액을 섭취한 각 실험군간에도 사육기간이 길어질수록 감소되었다. 또한 대조군에 비하여 실험군의 Na⁺ 배설량이 감소하였는데 이는 항이노호르몬과 젖산에 의한 Na⁺의 재흡수 저해가 약간 회복된 것으로 생각되었다. 젖산균 배양액과 배양멸균액 섭취군의 차이는 배양멸균액 섭취가 배양액 섭취에 비하여 Na⁺의 배설량이 증가한 것으로 보아 배양액보다 배양멸균액이 신장기능에 저해를 가져온 것으로 생각되며, 이는 장내에서 젖산의 소비가 배양액보다 저하되었기 때문으로 생각된다.

K⁺의 배설량은 산-염기 평형에 관여하는 전해질로 과염기증일 경우 원위세뇨관에서 K⁺ 배설량을 증가시키고, 과산중이면 K⁺ 배설량이 감소되는데(35) 본 실험 결과에서도 별차이 없이 거의 비슷한 수준이었지만, 이

Table 6. Effects of feeding on the renal function in rats

Groups ¹⁾	2 week		4 week	
	WB ⁴⁾			
Control	14.79 ± 2.78 ²⁾³⁾		15.43 ± 2.74 ^a	
A	7.85 ± 0.67 ^c		5.13 ± 1.04 ^b	
B	7.19 ± 0.87 ^c		7.7 ± 0.82 ^b	
C	20.32 ± 2.34 ^a		7.17 ± 1.63 ^b	
D	13.94 ± 1.59 ^b		8.05 ± 1.01 ^b	

UV				
Control	5.13 ± 0.17 ^a		3.45 ± 0.12 ^b	
A	4.17 ± 0.53 ^b		4.03 ± 0.37 ^a	
B	3.78 ± 0.37 ^b		3.93 ± 0.29 ^a	
C	3.73 ± 0.09 ^b		3.03 ± 0.1 ^b	
D	3.96 ± 0.17 ^b		3.08 ± 0.13 ^b	

U _{Na} V				
Control	1011.66 ± 146.77 ^a		756.29 ± 91.45 ^a	
A	684.87 ± 55.04 ^b		482.85 ± 60.945 ^c	
B	853.65 ± 60.07 ^{ab}		638.46 ± 88.02 ^{abc}	
C	690.60 ± 38.76 ^b		591.08 ± 61.48 ^{bc}	
D	878.21 ± 210.61 ^{ab}		646.41 ± 106.13 ^{ab}	

U _K V				
Control	1.56 ± 0.23 ^a		1.83 ± 0.06 ^a	
A	1.13 ± 0.09 ^c		1.15 ± 0.10 ^c	
B	1.20 ± 0.08 ^{bc}		1.17 ± 0.10 ^c	
C	1.16 ± 0.05 ^c		1.28 ± 0.09 ^{bc}	
D	1.49 ± 0.27 ^{ab}		1.34 ± 0.07 ^b	

U _{Cr} V				
Control	3.34 ± 0.17 ^a		4.28 ± 0.29 ^a	
A	1.56 ± 0.28 ^b		3.37 ± 0.25 ^b	
B	1.91 ± 0.65 ^b		3.88 ± 0.31 ^{ab}	
C	1.79 ± 0.10 ^b		3.48 ± 0.28 ^b	
D	2.81 ± 0.21 ^a		4.05 ± 0.68 ^{ab}	

¹⁾Control: aluminum+distilled water, A: aluminum+culture of *S. thermophilus*, B: aluminum+autoclaved culture of *S. thermophilus*, C: aluminum+culture of *L. acidophilus*, D: aluminum+autoclaved culture of *L. acidophilus*.

²⁾Mean ± SD of 10 experiments.

³⁾The same lettered superscripts within a column are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test.

⁴⁾WB: water balance(ml/100g of body weight), UV: urine volume(ml/100g of body weight), U_{Na}V: urinary excretion of sodium(uEq/100g of body weight), U_KV: urinary excretion of potassium(mEq/100g body weight), U_{Cr}V: urinary excretion of creatinine(mg/100g of body weight).

러한 결과로 미루어보면 젖산균 배양액을 지속적으로 섭취할 경우 흰쥐의 체액이 약산성 쪽으로 기울어지는 것으로 생각된다.

신장장애 지표인 뇨 중 creatinine의 배설량을 보면 대조군은 사육기간이 길어질수록 증가하였는데, 이는 알루미늄 섭취로 인하여 신장기능에 이상을 일으킨 것으로 생각되었다. 젖산균 배양액과 배양멸균액 섭취군 들도 사육일수가 길어질수록 약간 증가하는 경향을 나

타냈으며 또한 젖산균 배양액 섭취군보다 배양멸균액 섭취군에서 creatinine의 배설량이 약간 높았다. Creatinine은 주로 사구체에서 쉽게 여과되나 신세뇨관에서 재흡수가 거의 일어나지 않기 때문에 뇨중 creatinine 농도는 사구체의 기능과약에 이용된다.

신장이 손상되어 정상적인 사구체 기능을 못할 경우 조직내에 creatinine이 축적될 수 있다는 여러 보고들의 결과(34,36)로 볼 때 젖산균 섭취군에서는 사구체의 기능 저하가 큰 것으로 사료되었다.

요 약

본 실험은 알루미늄 섭취에 따른 인체에 대한 독성 완화 방법을 연구하기 위하여 알루미늄화합물[Al₂(SO₄)₃]을 섭취한 흰쥐에 *S. thermophilus*와 *L. acidophilus*로 발효된 발효유와 멸균시킨 발효유를 섭취시켜 신장내 알루미늄 축적과 신장기능에 미치는 영향을 조사한 결과이다. 사료 섭취량은 대조군(알루미늄 화합물을 혼합한 사료와 증류수 섭취군)에 있어서 실험기간 동안 감소하였으나 *L. acidophilus*과 *S. thermophilus*로 발효된 발효유와 멸균시킨 발효유 섭취군에서는 증가하는 경향이였으며 특히 *S. thermophilus* 발효유 섭취군이 더욱 증가하였다. 물 섭취량은 대조군이 실험기간 동안 젖산균 발효유를 섭취한 군들보다 증가하였다. 체중 변화는 젖산균 발효유를 섭취한 모든 군이 대조군보다 증가하였으며 특히 *L. acidophilus*로 발효시킨 후 멸균된 발효유 섭취군이 제일 많이 증가하였다. 신장의 알루미늄 함량은 *S. thermophilus*와 *L. acidophilus*로 발효된 발효유와 멸균시킨 발효유로 사육한 군이 대조군에 비하여 축적량이 각각 19.57%, 31.25%와 37.10%, 32.40%로 감소되었다. 뇨중 체내 수분 평형, 뇨량과 전해질인 Na⁺, K⁺ 배설량은 대조군 및 실험군 모두 사육기간이 길어질수록 감소하였다. 뇨중 creatinine의 배설은 모든 실험군에서 증가하였으나 대조군이 젖산균 발효유와 멸균시킨 발효유 섭취군보다 더 높은 증가를 보였다. 따라서 젖산균 발효유는 흰쥐의 알루미늄 화합물 흡수에 따른 신장내 축적과 신장기능의 저하를 감소시키는 효과가 있었으며 특히 생균이 함유된 발효유가 멸균시킨 발효유보다 알루미늄 해독효과가 컸다.

문 헌

- Greger, J. L. : Aluminum content of the American diet. *Fd. Technol.*, **39**, 73(1985)
- Alfrey, A. C., Hegg, A. and Craswell, P. : Metabolism and toxicity of aluminum in renal failure. *Am. J. Clin. Nutr.*, **33**, 1509(1980)
- Alfrey, A. C. : Aluminum intoxication, Editorial. *N. Engl. J. Med.*, **310**, 1113(1984)
- Crapper, D. R., Krishnan, S. S. and Dalton, A. J. : Brain aluminum distribution in Alzheimer's disease and experimental neurofibrillary degeneration. *Science*, **180**, 511(1983)
- Davies, P. and Malonet, A. F. J. : Selective loss of cholinergic neurones in Alzheimer's disease. *Lancet*, **2**, 1403(1976)
- Perl, D. P., Gaidusek, D. C., Garruto, R. M., Unagihara, R. T. and Gibbs, C. J. : Intraneuronal aluminum accumulation in amyotrophic lateral sclerosis and Parkinsonism dementia of Guam. *Science*, N.Y., **217**, 1053(1982)
- Ward, M. K., Feest, T. G., Eills, M. A., Parkinson, I. S. and Kerr, D. N. S. : Osteomalacia dialysis osteodystrophy : Evidence for a water-bone aetiological agents, Probably Aluminum. *Lancet*, **1**, 841(1978)
- 田中隆一郎, 菅辰彦, 手鶴久, 黒島敏方, 小平普士, 鈴木振一, 寺島經男, 務台方彦 : 小兒科臨床, **33**, 2483(1980)
- Goldin, B. R., Swenson, L., Dwyer, T., Sexton, M. and Gorbach, S. L. : Effect of diet and *Lactobacillus acidophilus* supplements in human fecal bacteria enzyme. *J. National Cancer Institute*, **64**, 263(1980)
- Gilliand, S. E., Nelson, C. R. and Maxwell, C. : Assimilation of cholesterol by *Lactobacillus acidophilus*. *Appl. Environ. Microbiol.*, **49**, 337(1985)
- 荒井幸一郎, 室田一也, 早川邦彦, 片岡元行, 光岡之足 : 腸内 flora と 發癌(光岡之足編). 學會出版, 東京, p.105(1990)
- Shahani, K. M. : 乳酸菌の抗癌效果. 乳酸菌と健康, p.23(1990)
- Wynder, E. L. : The epidemiology of large bowel cancer. *Cancer Res.*, **35**, 3388(1975)
- Shin, Y. S., Sung, H. J., Kim, D. H. and Lee, K. S. : Survival rate of lactic acid bacteria and the change of β -galactosidase activity in commercial yogurts under the acidic conditions. *Agricultural Chemistry and Biotechnology*, **37**, 143(1984)
- Kim, S. H., Sung, H. J., Shin, Y. S., Kim, D. H. and Lee, K. S. : Inhibitory effect of lactic acid bacteria and its metabolites on the growth of *Staphylococcus aureus*. *Korean Food Sci. Technol.*, **26**, 644(1994)
- Kim, Y. B. and Lee, S. R. : Isolation of cadmium-tolerant bacteria and accumulation of cadmium into bacteria Cell. *Kor. J. Appl. Microbiol. Bioeng.*, **4**, 111(1976)
- Beveridge, T. J. : Role of cellular design in bacterial metal accumulation and mineralization. *Annu. Rev. Microbiol.*, **43**, 147(1989)
- Shin, Y. S. : Studies on the survivals of lactic acid bacteria and its effects in the conditions of intestine. *Ph.D. thesis*, Wonkwang Univesity(1994)
- Cho, Y. C. and Jun, M. H. : Effects of *Lactibacillus acidophilus*-fermented milk on accumulation of cadmium in rats. *Kor. J. Vet. Publ. Hlth.*, **18**, 215(1994)
- Gange, T. J., and Page, A. L. : Rapid acid dissolution of plant tissue for cadmium determination by atomic absorption of spectrophotometry. *At. Absorpt. Newsl.*, **13**, 131(1974)

21. Phillips, R. A. : *Quantitative clinical chemistry methods*. Peter, J. P. and Vanslyke, D. D.(eds.), Williams and Wilkins, Vol. 2(1944)
22. SAS : *SAS Series Package*. SAS Institute Inc, Cary Nc(1987)
23. Schrafer, L., Andersen, O. and Nielsen, J. B. : Effects of dietary factors on GI : Cd absorption in mice. *Acta Pharmacol. Toxicol.*, **59**, 549(1986)
24. Taquchi, T. and Suzuki, S. : The metabolism of 109 Cd administered to mice previously given an oral dose of cadmium. *Jap. J. Hyg.*, **34**, 382(1979)
25. Han, S. H. : Aluminum contents in foods and influences of aluminum compound on the physiological and the histological changes of rat. *Ph.D. thesis*, Wonkwang Univesity(1995)
26. Singhal, R. K., Anderson, M. E. and Meister, A. : A first line of defense against cadmium toxicity. Department of Biochemistry, Cornell University Medical College, New York, USA(1984)
27. Rose, H. E. and Quarterman, J. : Dietary fiber and heavy metal retention in the rat. *Environmetal Research*, **42**, 166(1987)
28. Fox, M. R. S. : Effects of vitamin C and Fe, Cd metabolism. *Ann. NY Acad. Sci.*, 355(1980)
29. Gorsky, J. E., Dietza, A. A., Spencer, H. and Osis, D. : Metabolic balance of aluminum studied in six men. *Clin. Chem.*, **25**, 1739(1979)
30. Brenner, B. M. and Rector, F. C. : *The kidney*. W. B. Saunders, Philadelphia, London, Toronto, p.371, 650, 723(1981)
31. Laragh, J. H., Angers, M., Kelly, W. G. and Liberman, S. : Hypotensive agents and presser substances. *J. Am. Med. Assoc.*, **174**, 234(1960)
32. Marshall, E. K. J. and Kolls, A. C. : Studies on the nervous control of the kidney in relation to diuresis and urinary secretion. *Am. J. Physiol.*, **49**, 302(1919)
33. Bello-Reuss, E., Colindress, R. E., Pastoriza-Munoz, E., Muleller, R. A. and Gottschalk, C., W. : Effects of acute unilateral renal denervation in the rat. *J. Clin. Inves.*, **56**, 208(1975)
34. Alfrey, A. C. : Aluminum metabolism in uremia. *Neurotoxicol.*, **1**, 43(1984)
35. Giebish, G. and Suanton, B. : Potassium transport in the nephron. *Ann. Rev. Physiol.*, **42**, 241(1979)
36. Kaehny, W. D., Hegg, A. P. and Alfrey, A. C. : Gastro-intestinal absorption of aluminum from aluminum-containing antacids. *N. Engl. J. Med.*, **296**, 1389(1977)

(1998년 9월 16일 접수)