

김치의 급여가 흰쥐의 체내 지질함량과 비장 면역세포 증식능력에 미치는 영향

김지연[†] · 이연숙*

농촌진흥청 농촌생활연구소

*서울대학교 식품영양학과

The Effects of Kimchi Intake on Lipid Contents of Body and Mitogen Response of Spleen Lymphocytes in Rats

Jee-Yeon Kim[†] and Yeon-Sook Lee*

Rural Living Science Institute, Rural Development Administration, Suwon 441-100, Korea

*Dept. of Food and Nutrition, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea

Abstract

Effects of kimchi on lipid metabolism and immune function were studied in experiments using 63 male SD rats fed 6 kinds of *Baechu*-kimchi containing diet during 4 weeks. Three kinds of freeze dried kimchi differ in fermentation period (not fermented, 3-, 6-week-fermented at 4°C) were added at 5%, 10% of the diet containing 15% lard. The levels of serum total lipid and triglyceride and the content of liver total lipid and triglyceride of all kimchi groups were lower than those of a control group. But the levels of serum and liver cholesterol is not affected by kimchi intake. The triglyceride concentration of epididymal fat pad and feces of kimchi groups were higher than those of a control group. The food efficiency ratio, epididymal fat pad weight of 3-, 6-week-fermented kimchi 10% groups were significantly lower than control and not-fermented kimchi groups. Especially 6-week-fermented kimchi groups showed adipocytes, less in number and larger in size than those of other groups. The blastogenesis of spleen lymphocytes to LPS was higher in rats fed fermented kimchi diets than rats fed control and not-fermented kimchi diet. These results suggest that kimchi stimulates lipid mobilization to epididymal fat pad and lipid excretion via feces, so lower serum and liver triglyceride concentration. The fermented kimchi stimulate the proliferation of B cell and lower the lipid accumulation in epididymal fat pad, especially kimchi fermented for 6 weeks at 4°C lower the adipose cell number.

Key words: *Baechu*-kimchi, fermentation, serum triglyceride, epididymal fat pad, mitogen response

서 론

김치는 우리나라의 가장 대표적인 전통음식으로 대부분의 사람들이 부식으로 상용하고 있으며 최근에 와서는 세계적으로 한국을 대표하는 음식으로 알려지고 있다. 국민영양조사에 의하면 김치의 하루 섭취량은 90g(1973~81년), 106g(87년), 139g(90년), 115g(91년), 129g(92년), 114.9g(94년)으로(1) 하루 총 식품섭취량의 10% 정도를 차지하며, 거의 매일 1끼 이상 먹는 식품이므로 양적인 측면만이 아니라 섭취 빈도면에서도 김치가 우리 국민의 식단에서 차지하는 비중은 아주 크다고 할

수 있다.

김치는 “모듬음식”이며 절산발효식품으로 김치의 관능적, 영양생리적 가치는 부재료의 종류, 첨가비와 숙성정도에 따라 결정된다. 김치에 들어가는 대부분의 재료는 열량이 낮고 비타민과 무기질의 함량이 높은 식품들이며 숙성이 진행됨에 따라 에너지함량은 유산균이 당을 소모하기 때문에 감소하고, 일부 비타민의 양은 발효 증효소의 작용으로 다소 높아지고, 원재료에는 거의 존재하지 않았던 비타민 K는 상당량, 비타민 B₁₂는 소량 생합성된다(2). 질병과 관련시켜 볼 때 김치는 지방함량과 열량은 매우 낮고, 비타민과 무기질의 함량이

[†]To whom all correspondence should be addressed

뿐만 아니라, 식이섬유소와 발효과정에서 생성된 젖산균 및 유기산에 의한 변비예방 및 정장작용이 있어 순환기계 질환 및 대장암 예방효과가 있을 것으로 생각된다(3).

지금까지의 김치의 영양적 기능에 대한 연구는 김치 자체의 섭취에 의한 효과보다는 김치에 들어가는 재료에 대한 연구가 대부분이었다. 지금까지 알려진 영양생리 효과로는 배추의 성분인 S-methyl compound의 판상동맥경화증의 치료효과 및 혈중 콜레스테롤 농도 강화효과(4), 마늘 섭취에 의한 혈중 콜레스테롤, 중성지방 농도 저하효과와 혈전용해능 증가효과(5), 생마늘 섭취에 의한 NK cell activity 증가(6), 고춧가루의 매운맛 성분인 capsaicin의 혈중 중성지방 저하 및 신장 주변의 지방조직 중량 감소효과(7), 고춧가루의 혈전용해능 증가(8)와 면역능력 증강효과(9), 생강의 섭취로 인한 콜레스테롤 강화효과 및 변중 담즙분비량 증가효과(10), 유산균의 혈중 콜레스테롤 저하효과(11), 김치의 발효에 관여하는 생유산균의 면역증강 작용(12), 그리고 김치의 섭취로 인한 LDL-콜레스테롤 감소 및 Apo-A1 농도 상승효과(13) 등이 보고된 바 있어 김치에는 혈중 지질강하, 혈전용해능 증가, 면역능력 증강효과 등이 있을 것으로 기대되나 김치의 숙성에 의한 영향에 대한 보고는 없었다. 따라서 본 연구에서는 김치 재료에 의한 혈중 지질저하, 피하지방조직 중량감소와 면역증강효과가 김치 자체를 섭취하였을 때에도 나타나는지와 김치의 숙성기간이 이러한 영양생리적인 효과에 어떠한 영향을 미치는지를 알아보기 위하여 생김치와 4°C에서 3주와 6주간 숙성시킨 냉동건조김치를 기본식이에 5%와 10%로 혼합하여 흰쥐에게 4주간 급여한 후 체내 지질분포와 mitogen response에 대한 영향을 살펴보고자 하였다.

재료 및 방법

실험동물의 사육

실험동물은 6주령의 male Sprague-Dawley rat을 구입하여 4일의 적응기간을 거친 뒤 140g 정도의 쥐들을 7개군으로 나누어 실험군당 9마리씩 임의배치하여 stainless steel cage에서 1마리씩 분리사육하였다. 실험군은 대조군(Control, C), 숙성시키지 않은 생김치 5%첨가 식이군(Not Fermented kimchi 5%, NF-5), 생김치 10%첨가 식이군(NF-10), 3주 숙성김치 5%첨가 식이군(3-Week-Fermented kimchi 5%, 3WF-5), 3주 숙성김치 10%첨가 식이군(3WF-10), 6주 숙성김치 5%첨가 식이군(6-Week-Fermented kimchi 5%, 6WF-5)과 6주 숙성김치 10%첨가 식이군(6WF-10)으로 총

7군에게 4주간 실험식이를 급여하였다. 실험동물은 환경이 조절된 사육실(온도 22±2°C, 습도 50±10%, 평암 cycle 6:00~18:00)에서 사육하였으며 식이와 수돗물을 자유급여하였다. 실험기간동안 식이섭취량은 이틀에 1회, 체중은 일주일에 1회 측정하였다.

실험동물의 식이

실험식이에 사용된 배추김치의 제조는 김장용 결구 배추 3~5kg 정도의 것을 구입하여 10% 소금물에서 하루 밤 담근 뒤 물에 씻어 최종 염농도를 3%로 맞추어 주었다. 농촌진흥청 농촌생활연구소에서 설정한 배추김치 표준배합비(14)에 따라 8.82kg의 절인 배추와 1.18kg의 양념소(무 260g, 파 180g, 마늘 130g, 생강 40g, 고춧가루 310g, 멸치액젓 260g)를 혼합하여 김치를 제조하였다. 제조한 김치는 숙성시키지 않은 생김치, 4°C에서 3주와 6주간 숙성시킨 김치로 숙성기간을 달리하였다. 생김치, 3주 숙성김치와 6주 숙성김치의 pH는 각각 6.25, 5.68, 4.22, 산도는 각각 0.17, 0.41, 0.60%이었고, 총균수는 각각 5.2×10^4 , 8.9×10^9 , 4.2×10^8 (CFU/ml)이었다(14). 숙성기간이 다른 3종의 김치를 냉동건조시켜 분말로 만든 뒤 기본식이(Table 1)에 5%와 10%(w/w)수준으로 첨가하여 실험식이를 제조하였다. 냉동건조 김치의 일반성분 분석결과 회분함량이 의외로 많아 김치를 전체 식이에 대하여 5%, 10% 수준으로 첨가할 경우 회분함량의 차이가 너무 컸으므로 회분함량의 차이를 적게하고, 지방과 섬유소 함량의 차이도 고려하여 기본식이에 김치를 5%, 10% 수준으로 첨가하는 방법을 택하여 실험식이를 조제하였다. 기본식이, 김치 5%와 10%첨가 실험식이의 탄수화물, 단백질, 지방, 조점유, 회분, 에너지 함량은 Table 2에 제시하였으며 이 성분치는 냉동건조된 김치의 일반성분 분석치와 기본식이 조성에서 산출된 계산값이다.

시료채취

시료의 채취는 면역능 측정 실험을 당일에 모두 다

Table 1. Formula of basal diet (g/100g diet)

Ingredients	Basal diet
Casein	20
DL-Methionine	0.2
Lard	15
Corn starch	55.1
α -Cellulose	5
Mineral mix ¹⁾	3.5
Vitamin mix ²⁾	1
Choline Cl	0.2

¹⁾AIN 76 Mineral mix.

²⁾AIN 76 Vitamin mix

Table 2. Composition of experimental diet(%)

	Basal diet	Kimchi 5%	Kimchi 10%
Carbohydrate	55.1	54.2	53.4
Protein	20.0	20.0	19.9
Fat	15.0	14.5	14.5
Fiber	5.0	5.2	5.3
Ash	3.5	4.3	5.2
Energy(kcal/10g)	43.5	42.7	42.4

하기가 힘들어 3일에 걸쳐서 하였는데 실험동물을 7군이 골고루 포함되도록 3group으로 나누어 실험식이 급여 28, 29, 30일째 되는 날 희생시켰다. 실험동물을 12~16시간 절식시킨 뒤 ether로 마취시키고 경동맥에서 혈액을 채취하여 냉장고에서 하룻밤 방치한 뒤 혈청을 분리하였다. 혈액을 채취한 뒤 바로 비장을 적출하여 RPMI 1640 medium에 넣고 무게를 측정하고 뒤 곧 이어 비장세포 증식능력 측정에 이용하였다. 간은 적출하여 냉장 생리식염수에 씻은 뒤 거름종이로 물기를 제거하고 무게를 측정하였으며, 부고환 지방조직은 적출하여 바로 무게를 측정하였다. 변은 실험동물을 희생시키기 3일전부터 매일 수집하여 무게를 측정하였으며 모든 시료는 분석시까지 -70°C 에 보관하였다. 지방조직은 해동시킨 뒤 지방 및 DNA 함량 분석에 이용하였으며, 간과 변은 냉동건조시켜 지방분석에 이용하였다. 변의 수분함량은 냉동건조 후 무게를 측정하여 계산하였다.

분석방법

총지방, 중성지방 및 콜레스테롤과 DNA

혈청의 총지방수준은 Fringe와 Dunn(15)의 법으로, 중성지방 수준은 Biggs 등(16)의 방법으로, 콜레스테롤 수준은 Zlatkus와 Zak(17)의 법으로, 혈청 HDL콜레스테롤은 효소법을 이용한 kit를 사용하여 비색정량하였다. 조직과 변의 총지방 함량은 Folch 등의 방법(18)에 의하여 지방을 추출하여 정량분석한 뒤 이중 일부는 콜레스테롤 분석에 이용하고 나머지는 중성지방 분석에 이용하였으며 콜레스테롤과 중성지방의 분석은 혈청에서와 같은 방법으로 분석하였다. 지방조직의 DNA함량은 Larbarca와 Paugen(19)의 방법으로 비색정량하였다.

Mitogen response

각 실험군당 6마리로부터 갓 적출한 비장을 RPMI 1640 medium에 담긴 상태에서 지방을 제거하고, 세포를 분산시켜 single spleen cell상태로 만들어 준 뒤 RPMI용액으로 2회 세척하고 10% FBS를 함유한 RPMI 매양액내에 세포농도가 $5 \times 10^6/\text{ml}$ 가 되도록 희석시켰다. Microplate의 각 well에 희석한 세포액을 100 μl 씩 분주

한 다음 여기에 concanavalin A(ConA, Sigma Co.) 2 $\mu\text{g}/\text{ml}$, phytohemagglutinin(PHA, Sigma Co.) 5 $\mu\text{g}/\text{ml}$, lipopolysaccharide(LPS, Sigma Co.) 10 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 을 100 μl 씩 넣었으며 control well에는 mitogen을 첨가하지 않았다. 모든 sample은 3회 반복하여 분석하였다. 분리된 세포는 humidified CO_2 incubator(37°C , 5% CO_2)에서 72시간동안 배양한 후, microplate의 각 well에 50 $\mu\text{Ci}/\text{ml}$ ^3H -thymidine을 20 μl 씩 넣고 18시간동안 다시 배양하였다. 배양이 끝난 후 multiple automated cell harvester를 이용하여 glass filter paper에 세포를 부착시켜 건조시킨 뒤 vial에 glass filter paper와 cocktail solution을 넣고 Liquid scintillation counter에서 세포내의 ^3H -thymidine uptake를 측정하였다. 방사능 uptake 정도는 1분동안 cpm을 count하여 나타내었으며 mitogen에 의한 세포증식 정도는 stimulation index(mitogen 첨가시 cpm/mitogen 무첨가시 cpm)로 구하였다.

통계처리

통계는 SAS package를 이용하였으며, 모든 실험결과는 평균과 표준편차로 계산하였다. 각 실험군의 평균치간의 유의성은 Duncan's multiple range test에 의하여 $\alpha < 0.05$ 수준에서 검증하였으며 김치의 첨가 수준과 숙성기간별 비교는 요인분석을 통하여 처리별 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

체중증가량, 식이섭취량

실험개시시의 초기 체중은 140g 정도로 군간에 차이가 없었다. 실험식이를 급여한 10주 후의 최종체중, 체중증가량 및 식이효율은 Table 3에 제시하였다. 실험기간 동안의 체중증가량은 모든 김치첨가 식이군들이 대조군보다 낮은 수준을 보였는데 6W-5군을 제외한 모든 김치첨가 식이군들이 대조군보다 유의적으로 낮은 체중증가량을 보였으며 김치의 첨가수준이나 숙성 정도에 의한 차이는 보이지 않았다. 식이섭취량은 19.9~20.8 g/day로 실험군간에 차이를 보이지 않았으며, 김치의 섭취량은 김치의 숙성 정도와는 상관없이 김치 5%첨가 식이군과 김치 10%첨가 식이군에서 각각 1g/day, 2g/day 정도씩을 섭취하였다. 실험기간 동안의 식이효율은 C군 > NF-5군, NF-10군 > 3WF-5군, 3WF-10군, 6WF-5군, 6WF-10군의 경향을 보여 대조군, 생김치첨가군, 숙성김치첨가군의 순으로 높은 식이효율을 보였으며 숙성김치첨가군은 대조군보다 유의적으로 낮은 식이

Table 3. Body weight, food intake and food efficiency ratio of rats fed experimental diet

	C ¹⁾	NF-5	3WF-5	6WF-5	NF-10	3WF-10	6WF-10
Body weight							
Initial weight(g)	138.4±7.6	138.4±4.0	141.0±6.5	141.1±2.5	139.2±2.2	139.4±5.6	138.4±5.8 ^{ns,2)}
Final weight(g)	322.3±24.2 ^a	306.2±16.9 ^{ab}	307.7±17.6 ^{ab}	308.4±10.8 ^{ab}	307.9±13.9 ^{ab}	294.1±10.8 ^b	294.5±12.5 ^{b,3)}
Weight gain(g/day)	6.62±0.76 ^a	5.96±0.58 ^b	5.88±0.53 ^b	6.07±0.44 ^{ab}	6.01±0.47 ^b	5.52±0.47 ^c	5.66±0.28 ^b
Food intake & FER							
Food intake(g/day)	20.5±1.09	19.9±1.24	20.6±1.41	20.8±0.62	20.6±1.03	20.4±0.80	19.9±0.55 ^{ns}
Food efficiency ratio	0.32±0.03 ^a	0.30±0.03 ^{ab}	0.28±0.01 ^{bc}	0.29±0.03 ^{bc}	0.30±0.02 ^{ab}	0.27±0.03 ^c	0.28±0.02 ^{bc}

¹⁾C: Control, NF-5: not fermented kimchi 5%, 3WF-5: 3-week-fermented kimchi 5%, 6WF-5: 6-week-fermented kimchi 5%, NF-10: not fermented kimchi 10%, 3WF-10: 3-week-fermented kimchi 10%, 6WF-10: 6-week-fermented kimchi 10%
²⁾Not significant
³⁾Values with different alphabet within the row were significantly different at $\alpha < 0.05$ by Duncan's multiple range test

효율을 보였다.

장기 및 부고환 피하지방조직 중량

간, 비장, 부고환 지방조직의 체중 100g당 중량은 Table 4와 같다. 단위체중당 간의 중량은 3WF-10군과 6WF-10군이 C군보다 유의적으로 낮은 수준을 보였으며 나머지 김치첨가 식이군들도 유의적인 차이는 아니었으나 C군보다는 낮은 수준을 보였다. 비장의 중량은 실험군간에 차이를 보이지 않았다. 단위체중당 부고환 피하지방조직 중량은 숙성김치첨가군인 3WF-5군, 3WF-10군, 6WF-5군, 6WF-10군이 C군과 생김치첨가군인 NF-5군, NF-10군보다 낮은 부고환 피하지방조직 중량을 보였으며 C군, NF-5군, NF-10군은 서로 비슷한 수준을 보였다. 그리고 생김치 첨가 식이군에서는 김치의 첨가수준에 따른 부고환 피하지방조직 중량의 차이를 보이지 않았으나 숙성김치첨가 식이군에서는 김치 10%첨가군인 3WF-10군과 6WF-10군이 김치 5%첨가군인 3WF-5군과 6WF-5군보다 낮은 부고환 피하지방조직 중량을 보였다. Kawada 등(7)의 연구에 의하면 Lard 30% 고지방식이에 capsaicine을 0.014% 첨가하여 10일간 급여한 결과 perirenal fat pad의

중량은 capsaicine 첨가식이군이 대조군보다 유의적으로 낮은 수준을 보였으나 epididymal fat pad의 중량은 차이를 보이지 않았다고 하였다. 본 실험에서 perirenal fat pad의 중량을 측정하지는 않았으나 부고환 지방조직 중량을 측정된 결과, 김치의 섭취로 인한 epididymal fat pad 중량의 감소는 김치의 첨가수준($P < 0.0380$)보다는 김치의 숙성정도($P < 0.0155$)에 의한 영향을 더 많이 받는 것으로 나타났으며 김치의 첨가수준에 의한 차이도 생김치에서는 나타나지 않고 숙성된 김치에서만 나타났으므로 김치의 섭취에 의한 체지방 감소는 capsaicine 등의 김치에 들어가는 재료에 의한 효과보다는 김치숙성 중의 성분변화가 더 큰 요인으로 생각된다.

부고환 피하지방조직 세포수

모든 세포는 일정량의 DNA를 함유하고 있어서 DNA 함량을 분석함으로써 정확한 세포수를 나타낼 수는 없지만 실험군간의 상대적인 비교는 가능하므로 본 연구에서는 세포수와 세포크기는 직접 측정하지 않고 부고환 피하지방조직의 DNA 함량을 분석하고 총지방/DNA ratio를 계산하여 간접적으로 지방세포의 수와 크기를 비교하였다. 부고환 피하지방조직의 DNA 함량과 total

Table 4. Organ weight and adipose cellularity of rats fed experimental diet

	C ¹⁾	NF-5	3WF-5	6WF-5	NF-10	3WF-10	6WF-10
Organ weight(g/100g BW)							
Liver	3.08±0.20 ^a	2.96±0.28 ^{ab}	2.77±0.25 ^b	2.82±0.33 ^{ab}	2.82±0.31 ^{ab}	2.64±0.32 ^b	2.71±0.31 ^{b,2)}
Spleen	0.23±0.04	0.24±0.03	0.23±0.03	0.21±0.02	0.23±0.01	0.23±0.03	0.23±0.02 ^{ns,3)}
Epididymal fat pad	1.69±0.13 ^a	1.75±0.13 ^a	1.60±0.26 ^{ab}	1.62±0.17 ^{ab}	1.68±0.22 ^a	1.44±0.19 ^b	1.45±0.15 ^b
Epididymal fat pad cellularity							
Cell number(μ g DNA/g.wet wt)	52.8±16.7	37.8±18.2	49.9±8.9	37.7±10.5	48.5±8.3	50.3±16.8	37.0±16.9 ^{ns}
Cell size(mg total lipid/ μ g DNA)	17.3±5.4	22.4±9.1	17.1±4.5	23.5±6.5	18.1±5.2	18.4±5.2	24.7±7.8 ^{ns}

¹⁾C: Control, NF-5: not fermented kimchi 5%, 3WF-5: 3-week-fermented kimchi 5%, 6WF-5: 6-week-fermented kimchi 5%, NF-10: not fermented kimchi 10%, 3WF-10: 3-week-fermented kimchi 10%, 6WF-10: 6-week-fermented kimchi 10%
²⁾Values with different alphabet within the row were significantly different at $\alpha < 0.05$ by Duncan's multiple range test
³⁾Not significant

lipid/DNA ratio는 Table 4에 제시하였다. 부고환 피하 지방조직의 단위무게당 DNA함량은 유의적인 차이는 아니었으나 C군, NF-10군, 3WF-5과 3WF-10군이 NF-5군, 6WF-5군과 6WF-10군보다 높은 수준을 보여서 6주 숙성김치첨가 식이군의 지방세포수가 다른 실험군에 비하여 적은 것으로 나타났다. 부고환 피하지방조직의 total lipid/DNA ratio는 DNA함량과는 반대의 경향을 보여서 C군, NF-10군, 3WF-5과 3WF-10군이 NF-5, 6WF-5군과 6WF-10군보다 낮은 수준을 보였으나 유의적인 차이는 아니었다. DNA함량과 total lipid/DNA ratio를 볼 때 유의적인 수준은 아니었으나 6주 숙성김치첨가 식이군의 지방세포가 다른 실험군에 지방세포에 비하여 크기가 크고 수가 적은 경향을 가지는 것으로 나타났다. Kawada 등(7)은 흰쥐에게 고지방 식이에 capsaicine을 첨가하여 급여한 경우, 대조군에 비하여 perirenal fat pad의 무게는 유의적으로 낮은 수준을 보였으나 perirenal cell weight(mg/ μ g, DNA)는 차이를 보이지 않았다고 하였는데 본 실험에서는 3주와 6주 숙성김치첨가 식이군이 낮은 epididymal fat pad의 무게를 보였고, 6주 숙성김치첨가 식이군은 낮은 수준의 DNA함량을 보여 지방세포의 분열 증식에 약간 영향을 미친 것으로 나타났다.

혈청과 조직의 지질 함량

혈청, 간, 부고환 피하지방조직의 총지방, 중성지방 및 콜레스테롤 함량은 Table 5와 같다. 모든 김치첨가 식이군들의 혈청 총지방 수준은 대조군보다 유의적으로 낮은 농도를 보였다. 혈청 중성지방 농도 또한 모든 김치첨가 식이군들이 대조군보다 낮은 경향을 보였으며, 특히 3WF-5, 6WF-5, 6WF-10군이 C군보다 유의적으로 낮은 혈청 중성지방 수준을 보였다. 숙성기간에 따라서 김치 5%첨가 식이군에서는 유의적인 차이는 아니었지만 3WF-5군과 6WF-5군이 NF-5군보다 낮은 경향의 혈청 중성지방 수준을 보였고 김치 10%첨가 식이군에서는 6WF-10군이 NF-10군과 3WF-10군보다 낮은 경향을 보여 숙성김치첨가 식이군이 생김치첨가 식이군보다 낮은 경향의 혈청 중성지방 수준을 보이는 것으로 나타났다($p < 0.1846$). 혈청 총콜레스테롤 수준은 유의적인 차이는 아니었으나 6WF-10군을 제외한 나머지 김치첨가 식이군들이 대조군보다 낮은 경향을 보였다. HDL-콜레스테롤 농도는 실험군에 의한 차이를 거의 보이지 않았으며 총콜레스테롤함량에 대한 비로 나타내었을 때에도 실험군에 의한 차이를 보이지 않았다. 김치를 1일 300g씩 일상적으로 섭취하게 한 임상실험(13)에서 LDL-cholesterol의 감소와, Apo AI

Table 5. The effects of kimchi intake on serum lipid levels, and lipid contents of liver, epididymal fat pad and feces in rats fed experimental diet

	C ¹⁾	NF-5	3WF-5	6WF-5	NF-10	3WF-10	6WF-10
Serum(mg/dl)							
Total lipid	246.1±28.7 ^a	188.8±35.8 ^b	201.2±35.5 ^b	179.3±41.0 ^b	185.9±38.3 ^b	170.9±33.9 ^b	185.1±30.1 ^{b,2)}
Triglyceride	69.0±36.1 ^a	59.8±22.4 ^{ab}	39.9±15.2 ^b	38.6±29.5 ^b	45.7±14.7 ^{ab}	43.3±17.2 ^{ab}	38.4±22.7 ^b
Total Cholesterol	123.3±17.8	108.6±12.3	115.4±16.7	113.5±14.7	106.8±15.9	106.7±21.4	124.8±24.1 ^{ns,3)}
HDL-Cholesterol	69.9±17.1 ^{ns}	61.0±10.3	60.3±10.0	62.3±11.9	61.0±10.3	60.3±10.0	62.3±11.9
Liver(mg/g, dry wt)							
Total lipid	167.9±30.7 ^{ns}	144.4±21.2 ^b	147.1±14.8 ^b	144.7±18.9 ^b	152.0±13.0 ^{ab}	149.3±8.0 ^b	145.1±9.9 ^b
Triglyceride	22.9±2.5 ^a	17.0±5.0 ^b	17.4±4.6 ^{ab}	18.9±4.5 ^{ab}	20.4±5.2 ^{ab}	19.1±4.5 ^{ab}	18.0±5.8 ^{ab}
Cholesterol	16.1±1.6	15.0±2.0	15.1±1.8	15.3±1.7	15.7±1.9	15.7±0.7	15.1±1.3 ^{ns}
Epididymal fat pad (mg/g, wet wt)							
Total lipid	838.1±30.1	845.1±17.6	820.9±82.5	808.0±83.9	860.3±52.0	834.1±45.8	811.6±37.5 ^{ns}
Triglyceride	388.3±56.9	453.1±67.1	400.1±84.2	412.4±46.9	426.2±55.9	437.5±70.9	420.0±68.0 ^{ns}
Cholesterol	18.9±1.9	17.8±1.5	18.0±2.7	17.1±2.1	19.2±2.5	18.0±1.3	18.3±1.7 ^{ns}
Feces							
Weight(g/day)	1.38±0.21 ^{ab}	1.43±0.21 ^{ab}	1.16±0.14 ^b	1.36±0.14 ^{ab}	1.56±0.31 ^a	1.40±0.25 ^{ab}	1.23±0.33 ^{ab}
Water contents(%)	6.44±1.76 ^{ab}	5.66±1.61 ^b	6.53±2.61 ^{ab}	6.40±1.72 ^{ab}	8.85±1.36 ^a	7.41±3.42 ^{ab}	8.64±0.72 ^a
Total lipid(mg/g, wet wt)	79.9±10.6 ^{ab}	76.3±9.2 ^{ab}	73.7±12.9 ^{ab}	72.2±8.3 ^{ab}	70.2±7.4 ^b	78.0±9.0 ^{ab}	82.4±9.5 ^a
Triglyceride(mg/g, wet wt)	5.16±1.32 ^b	8.45±3.40 ^{ab}	10.1±2.30 ^a	7.63±4.01 ^{ab}	9.17±2.92 ^a	10.0±4.16 ^a	7.29±2.74 ^{ab}
Cholesterol(mg/g, wet wt)	3.1±0.5	3.6±0.8	3.0±0.3	3.0±0.4	3.6±0.6	3.6±0.5	3.7±0.8 ^{ns}

¹⁾C: Control, NF-5: not fermented kimchi 5%, 3WF-5: 3-week-fermented kimchi 5%, 6WF-5: 6-week-fermented kimchi 5%, NF-10: not fermented kimchi 10%, 3WF-10: 3-week-fermented kimchi 10%, 6WF-10: 6-week-fermented kimchi 10%

²⁾Values with different alphabet within the row were significantly different at $\alpha < 0.05$ by Duncan's multiple range test

³⁾Not significant

농도의 상승효과가 관찰되었다고 보고하였는데, 본 실험에서는 김치의 숙성정도와는 상관없이 김치첨가 식이군에서 혈청 콜레스테롤 수준이 감소하는 경향이 있기는 하였으나 유의적인 수준은 아니었으며, HDL-cholesterol수준은 거의 차이를 보이지 않았다.

간의 총지방함량은 혈청 총지방농도와 마찬가지로 모든 김치첨가 식이군들이 대조군보다 낮은 수준을 보였으며 김치의 첨가수준이나 숙성기간에 따른 차이는 보이지 않았다. 간의 단위무게당 중성지방함량도 총지방함량 만큼의 유의적인 차이는 아니었지만 김치첨가 식이군들이 대조군보다 낮은 경향을 보였으며, 김치의 첨가수준이나 숙성기간에 따른 차이는 보이지 않았다. 부고환 피하지방조직의 총지방함량은 대조군과 김치첨가 식이군들 사이에는 차이를 보이지 않았으며 김치첨가군들 사이에서 유의적인 차이는 아니었으나 김치의 숙성기간에 따라서 NF-5군, NF-10군>3WF-5군, 3WF-10군>6WF-5군, 6WF-10군의 경향을 보였으며 이러한 결과는 부고환 피하지방조직 중량과 비슷한 경향이였다. 이와같은 결과로 볼 때 김치의 숙성기간이 부고환 피하지방조직의 중량($p<0.0155$) 뿐 아니라 단위무게당 총 지방함량($p<0.1101$)에도 약간의 영향을 미치는 것으로 나타났으며 김치의 섭취량보다는 숙성정도가 피하지방조직의 지방축적에 영향을 미치는 것으로 보인다. 부고환 피하지방조직의 단위무게당 중성지방함량은 대조군이 제일 낮은 수준을 보이기는 하였으나 김치첨가군들과 유의적인 차이는 아니었으며 간, 부고환 피하지방조직의 단위무게당 콜레스테롤함량은 실험군에 의한 차이를 거의 보이지 않은 것으로 나타났다.

변 배설량 및 수분과 지질함량

변 배설량 및 변의 수분과 지질함량은 Table 5와 같다. 변 배설량은 대조군과 김치첨가 식이군들 사이에 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 김치첨가 식이군들 사이에는 김치첨가비와 관계없이 NF-5군과 NF-10군이 3WF-5군, 3WF-10군, 6WF-5군과 6WF-10군보다 약간 높은 변배설량을 보여 생김치첨가 식이군이 숙성 김치첨가 식이군보다 변 배설량이 더 많은 것으로 나타났다. 변의 수분함량은 NF-10군, 3WF-10군과 6WF-10군이 NF-5군, 3WF-5군과 6WF-5군보다 높은 경향을 보여 김치의 숙성기간과는 상관없이 김치 10%첨가 식이군에서 높은 변의 수분함량을 보였다($p<0.0050$). 변의 총지방 함량은 6WF-10군이 NF-10군보다 유의적으로 높은 수준을 보였으나 C군과는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 김치 5%첨가 식이군에서는 숙성기간에 의한 차이를 보이지 않았으나, 김치 10%첨가 식

이군에서는 6WF-10군, 3WF-10군, NF-10군의 순으로 높은 수준을 보였으며 6WF-10군은 NF-10군보다 유의적으로 높은 변의 단위무게당 총 지방함량을 보였다. 변의 단위무게당 중성지방 함량은 3WF-5군, 3WF-10군, NF-10군>NF-5군, 6WF-5군, 6WF-10군>C군의 순으로 높은 경향을 보여서 C군이 제일 낮은 함량을 보였으며, 김치의 숙성기간에 따라서는 생김치첨가 식이군, 3주 숙성김치첨가 식이군, 6주 숙성김치첨가식이군의 순으로 높은 변의 중성지방함량을 보였는데 이러한 숙성기간에 따른 변으로의 중성지방 배설량의 차이와 생김치와 숙성김치간의 변 배설량의 차이는 김치의 숙성에 따른 배추 섬유소의 성분 변화에 기인할 것으로 생각되나 본 실험에서는 김치의 숙성기간에 따른 섬유소 종류별 함량을 측정하지 않았기 때문에 이의 확인이 어려웠으며 앞으로 이에 대한 실험에 있어야 되리라 생각된다. 변의 단위무게당 콜레스테롤 함량은 유의적인 차이는 아니었으나 김치 10%첨가 식이군이 높은 경향의 변의 콜레스테롤 함량을 보이는 것으로 나타났다.

비장세포의 mitogen response

식물성 mitogen은 면역세포의 세포막 특정부위에 대한 특이성을 가지고 있는 물질로, 특정 면역세포를 자극하여 DNA합성을 유도하며 증식반응을 일으키는 것으로 알려져 있다. Concanavalin A(ConA)와 phytohaemagglutinine(PHA)는 T cell mitogen으로 ConA는 suppressor T세포를, PHA는 helper T세포를 우선적으로 자극하며, lipopolysaccharide(LPS)는 B cell mitogen으로 B세포를 자극한다고 한다. 본 실험에서는 실험식이 급여한 흰쥐에서 PHA, ConA, LPS를 이용하여 비장세포의 분열증식효과를 측정함으로써 면역능력을 비교하였으며 그 결과는 Table 6과 같다. Mitogen을 처리하지 않은 비장세포의 분열 증식정도(cpm)는 유의적인 차이는 아니었으나 6WF-5, -10군이 다른 실험군에 비하여 높은 경향을 보였으며, 다른 김치첨가군들은 대조군과 차이를 보이지 않았다. Mitogen으로 ConA를 첨가하였을 때의 cpm은 실험군간에 유의적인 차이를 보이지 않았으며, ConA에 대한 stimulation index(SI)는 유의적인 차이는 아니었으나 3F-5군과 3F-10군이 약간 높은 수준을 나타내었으며, 나머지 군들은 비슷한 수준을 보였다. PHA를 첨가하였을 때의 cpm은 6W-5군, 6WF-10군>C군, 3WF-10군, NF-10군, 3WF-5군>NF-5군의 순으로 높은 경향을 보여 6주 숙성김치첨가군이 비교적 높은 수준의 cpm을 보였고 3주 숙성김치와 생김치 첨가군들은 대조군과 비슷하거나 낮은 cpm을 보였다. PHA에 대한 SI는 유의적인 차이는 아

Table 6. Mitogen response of spleen cell in rats fed experimental diet

	C ¹⁾	NF-5	3WF-5	6WF-5	NF-10	3WF-10	6WF-10
Mitogen response(cpm)							
Control	3483±1137	3630±1783	3242±1560	5345±1465	3171±1414	3448±1898	4301±1055 ^{ns,2)}
ConA	21987±8364	31089±26815	28559±21728	31324±9443	18596±5562	20808±4139	27240±9059 ^{ns}
PHA	34055±13863 ^{ab}	20270±11273 ^b	29776±14668 ^{ab}	46578±16688 ^a	31017±19050 ^{ab}	33960±14551 ^{ab}	41691±11532 ^{ab,3)}
LPS	24919±1476 ^{bc}	17461±9453 ^c	36273±5750 ^{ab}	46869±9203 ^a	14017±9475 ^c	38958±6477 ^{ab}	37664±16305 ^{ab}
Mitogen Stimulation Index							
ConA	6.57±3.07	6.73±3.68	8.76±4.57	6.02±1.70	7.13±2.72	7.89±3.17	6.32±1.34 ^{ns}
PHA	9.66±5.71	6.59±1.61	8.58±1.05	6.89±0.59	8.02±6.24	6.27±2.05	9.01±2.97 ^{ns}
LPS	6.84±2.39	5.94±1.52	8.28±2.34	7.58±1.34	5.70±2.22	8.06±1.89	9.54±3.83 ^{ns}

¹⁾C: Control, NF-5: not fermented kimchi 5%, 3WF-5: 3-week-fermented kimchi 5%, 6WF-5: 6-week-fermented kimchi 5%, NF-10: not fermented kimchi 10%, 3WF-10: 3-week-fermented kimchi 10%, 6WF-10: 6-week-fermented kimchi 10%

²⁾Not significant

³⁾Values with different alphabet within the row were significantly different at $\alpha < 0.05$ by Duncan's multiple range test

니었으나 6WF-10군을 제외한 나머지 김치첨가 식이군이 C군보다 낮은 경향을 보였다. LPS를 첨가하였을 때의 cpm은 6WF-5>3WF-5, 3WF-10, 6WF-10>C>NF-5, NF-10의 순으로 높은 cpm을 보여서 숙성김치첨가 식이군이 대조군보다 높은 경향을 보였으며 생김치첨가 식이군은 오히려 대조군보다 낮은 경향을 보였다. 그리고 LPS에 대한 SI도 cpm과 같은 경향을 보여서 숙성김치첨가 식이군이 대조군과 생김치첨가 식이군보다 높은 경향의 B세포의 분열증식 정도를 보이는 것으로 나타났으며 생김치첨가 식이군의 경우는 오히려 대조군보다 더 낮은 것으로 나타났다. 유(9)의 연구에 의하면 고춧가루 2%, 5%, 10% 첨가시기를 27일간 흰쥐에게 급여한 결과 대조군에 비하여 고춧가루첨가 식이군이 항체생성 세포수, 적혈구 응집반응 및 혈청 중 항체농도가 높은 것으로 나타나 고춧가루는 체액성 면역기능의 활성화에 기여하는 물질을 함유하고 있는 것으로 나타났다. 십자화과 채소도 면역능을 증가시키는 것으로 나타났는데 십자화과 채소에서 기인하는 thiocyanate는 면역계에 직접적으로 관여하기보다 세포의 막 투과성과 효소의 활성도를 증가시킴으로써 간접적으로 면역능을 강화시킨다고 하며 십자화과 채소를 생식하거나 절산발효의 형태로 섭취할 경우 혈청 중에 있는 thiocyanate의 함량을 현저하게 증가시킬 수 있다고 한다 (2). 또한 실험동물 연구결과로부터 김치의 발효에 관여하는 생유산균의 면역증강작용이 관찰되었는데 *Lac. plantarum*(10^4 , 10^5 , 10^6 , 10^8 cell/ml)을 복강내로 주입한 후 쥐에게서 NK cell activity가 증가하였으며, *St. faecalis*(10^7 cell/ml)를 흰쥐에게 2~3주간 경구투여한 결과 phagocytosis활성 및 chemotaxis의 증가를 확인하였다 (2). 이와같은 연구결과로 볼 때 김치의 섭취로 인한 면역증가 효과가 있을 것으로 기대되며 본 연구결과에서도 B세포 관련 면역능력이 있어서는 숙성된 김치가 면

역능력을 강화시키는 것으로 나타났다. 그러나 생김치첨가 식이군은 오히려 김치 무첨가 식이군보다 B 세포의 분열증식 정도가 낮은 것으로 나타났으며, T 세포 관련 면역능력이 있어서는 김치의 섭취에 의한 면역능력의 차이가 보이지 않았다. 따라서 김치의 섭취로 인한 B세포 관련 면역능력의 증가는 고춧가루나 배추 등의 재료에 의한 영향이라기보다는 김치의 숙성에 따른 유산균 수의 증가 등의 성분변화에 의한 것으로 생각된다.

요 약

숙성시키지 않은 생김치와 4°C에서 3주와 6주간 숙성시킨 냉동건조 김치를 식이의 5%와 10% 수준으로 첨가시킨 실험식이를 SD male rat에게 4주간 급여하여 혈청 및 조직의 지질수준, 부고환 지방조직의 세포수와 비장세포의 mitogen response에 대하여 살펴본 결과, (1) 체지방량의 지표가 되는 부고환 피하지방조직 중량은 숙성 3주와 6주 김치첨가군이 대조군과 생김치첨가군보다 낮은 수준을 보였으며, 생김치에서는 김치의 첨가수준에 의한 차이를 보이지 않았으나 숙성김치 첨가군에서는 김치의 첨가비가 높을수록 낮은 피하지방조직 중량을 보였다. (2) 고환주위 지방조직의 D-NA함량(세포의 수)은 김치첨가수준과 상관없이 숙성 6주 김치첨가군이 낮은 수준을 보여 6주 숙성김치에서 지방세포의 분열증식을 둔화시키는 효과가 있는 것으로 생각된다. (3) 혈청과 간의 총 지방농도는 모든 김치첨가군들이 대조군보다 낮은 수준을 보였으며, 김치의 숙성기간에 따른 차이는 보이지 않았으나 지방조직의 총 지방함량은 김치의 숙성기간에 의한 차이를 보여서 숙성김치첨가군이 생김치첨가군과 대조군보다 낮은 수준을 보였다. (4) 중성지방의 체내 분포는 김치첨가군

들이 대조군보다 혈청과 간의 중성지방함량은 낮았고, 지방조직과 변에서는 유의적인 차이는 아니었으나 김치 첨가군들이 대조군보다 높은 중성지방 함량을 보였다. 즉 김치첨가군이 대조군에 비하여 변으로의 중성지방 배설량을 증가시키고 체내의 중성지방을 지방조직 쪽으로 분포시켜 혈청과 간에 분포하는 중성지방의 비율을 낮추는 것으로 생각된다. (5) Mitogen으로 LPS를 첨가한 후 비장 lymphocyte의 분열증식 정도를 cpm과 SI로 나타내었을 때, 김치 첨가수준과는 상관없이 숙성 3주, 숙성 6주 김치첨가군들이 생김치첨가군들보다 유의적으로 높은 세포분열증식 정도를 보였으나 생김치 첨가군은 대조군보다 오히려 낮은 수준을 보여 숙성김치첨가군이 대조군과 생김치첨가군보다 B세포의 분열증식능력을 증가시키는 것으로 나타났다.

문헌

1. 보건사회부 . 국민영양조사보고서(1987, 1991, 1991, 1992, 1994)
2. 오영주, 황인주, Claus, L. : 김치의 영양생리학적 평가. 한국식품과학회 "김치의 과학" 심포지움 발표논문집, p.226 (1994)
3. 김숙희 : 현대 식탁에서의 김치의 의미 한국식품과학회지, 6, 521(1994)
4. Fujiwara, M., Itokawa, Y., Uchino, H. and Inoue, K. : Anti-hypercholesterolemic effects of a sulfur containing amino acid, S-methyl-L-cysteine sulfoxide, isolated from cabbage. *Experimenta*, 28, 254(1972)
5. Bordia, A., Arora, S. K., Kothari, L. K., Jain, K. C. and Rathore, B. S. : The protective action of essential oils of onion and garlic in cholesterol-fed rabbits. *Atherosclerosis*, 22, 103(1975)
6. Kandil, O. M., Abdullah, T. H. and Elkada, A. : Garlic

and immune system in human: it's effects on natural killer cell. *Fed Proc.*, 46, 441(1987)

7. Kawada, T., Hagihara, K. and Iwai, K. : Effects of capsaicin on lipid metabolism in rats fed a high fat diet. *J Nutr.*, 116, 1272(1986)
8. Wasapruet, S., Poolsuppasit, S. and Piholmukaruito, O. : Enganced fibrinolytic activity after capsicum ingestion. *N. Engl. J. Med.*, 290, 1259(1974)
9. 유리나 : 고추가루 첨가 식이가 흰쥐의 체액성 면역기능에 미치는 영향 한국영양과학회지, 24, 837(1995)
10. Giri, J., Devi, T. K. and Meerernani, S. : Effects of ginger on serum cholesterol levels *Ind J Nutr. Dieter.*, 21, 433(1984)
11. Gilliland, S. E., Nelson, C. R. and Maxwell, C. : Assimilation of cholesterol by *Lactobacillus acidophilus*. *Appl. Environ. Microbiol.*, 49, 377(1985)
12. Bloksma, N., Etekovon, J., Hofhuys, F. M. : Effects of *lactobacilli* on parameters of nonspecific resistance. *Med Microbiol Immunol.*, 170, 45(1991)
13. 오영주, 황인주, Leitzmann, C. : 김치의 섭취가 대장암을 예방하는가? 김치과학과 산업, 2, 9(1993)
14. 박홍주, 장창문, 김진숙, 신동화 : 김치부재료에 따른 품질특성 구명시험 농촌진흥청 농촌생활연구소 연구보고서(1995)
15. Fringe, C. S. and Dunn, R. T. : The colorimetric method for determination of serum total lipids based on the sulpho-phospho-vanilline reaction. *Am. J. Clin. Pathol.*, 53, 89(1970)
16. Biggs, H. G., Erikson, T. M. and Moorehead, W. R. : A manual colorimetric assay of triglycerides in serum. *Clin. Chem.*, 21, 47(1975)
17. Zlatkis, A. and Zak, B. : Study of a new cholesterol reagent *Anal. Biochem.*, 29, 143(1968)
18. Folch, J., Less, M. and Sloanstanley, G. H. : A simple method for the isolation and purification of total lipid from animal tissues *J Biol Chem*, 226, 497(1957)
19. Labarca, C. and Paugen, K. : A simple, rapid and sensitive DNA assay procedure. *Anal. Biochem*, 102, 344 (1980)

(1997년 9월 8일 접수)