

## 식이지방과 토마토가 BALB/c 마우스의 면역활성에 미치는 영향

임상동\* · 한찬규 · 성기승 · 김기성  
한국식품연구원

### Effect of Dietary Fats and Tomato on the Immune Functions of BALB/c Mice

Sang-Dong Lim\*, Chan-Kyu Han, Kee-Seung Sung, and Kee-Sung Kim  
Korea Food Research Institute

**Abstract** Effects of dietary fat and tomato on immune functions were investigated using BALB/c mice. Sixty male BALB/c mice weighing 16-17g were divided into two dietary groups. Control group was fed experimental chow (AIN-76 purified diet) supplemented with saturated fat (beef tallow) and unsaturated fat (safflower oil) at 5% level (weight basis), while treatment group was fed chow added with 0.5% (dry matter basis) of tomato (moisture content 95%) for 10 weeks. Organ weights, delayed-type hypersensitivity test, plaque-forming cell test, agglutination test, differential white cell count, and histological examination were performed at 4th, 7th, and 10th week after dietary treatment. Weight of spleen and spleen index of tomato group increased with increasing experimental period. Thymus index of tomato group was significantly higher than that of control group at 7 and 10 weeks ( $p < 0.05$ ). In delayed hypersensitivity test at 4th, 7th, and 10th week after dietary treatment, tomato group showed more significant increase in footpad swelling reaction 24 hr after challenge than control group ( $p < 0.05$ ). In plaque-forming cell test, tomato group fed 7 weeks increased more significantly than control group, while no significant difference was found between two groups at 10 weeks. Agglutination test decreased with increasing experimental period; tomato group at 10 weeks was higher than control group in antibody response to SRBC. In tomato group, lymphocyte percentage was slightly higher than that of control group, and spleen tissue showed active immune reaction caused by severe proliferation of white pulp.

**Key words:** tomato, dietary fat, immune functions, BALB/c mice

## 서 론

최근 식물류 중에 함유된 생리활성 성분에 대한 관심이 높아지면서 국내외적으로 이들 생리활성 성분을 함유한 신소재 식물들을 원료로 사용하려는 시도가 많이 이루어지고 있다. 생리활성 물질에 관한 연구는 유용자원의 탐색과 유효성분의 분리 및 동정 그리고 안전성의 규명에 초점이 모아지고 있으며, 우리나라에서도 1970년대 이후 활발한 연구가 이루어져 식물로부터 여러 종류의 성분이 분리되었다.

천연물로부터 유래한 면역증강제는 면역반응을 강화시키거나 저하된 면역능을 원상회복시킴으로써 암, 면역결핍증, 그리고 만성감염 등의 치료를 위해 사용되고 있다(1-3). 면역조절제(immunomodulator)는 세균, 곰팡이, 합성물질, 식물, 동물 등으로부터 다양하게 보고되고 있으며 이들은 면역체계의 여러 단계에 작용하는 것으로 보고되고 있다(4,5). 최근에는 대식세포 등의 면역세포를 자극하여 면역능력을 조절하는 면역조절제를 생약이나 균주로부터 찾아내는 연구들이 활발히 진행되고 있다. Lectin류(6-8)

또는 고분자 다당체는 interleukin2(IL-2), natural killer cell, T-cell의 활성증가와 보체(C3)합성 및 IgG생성에 의해서 면역세포가 자극되며(9), 각종 면역세포의 기능과 세포의 분화증식을 조절하는 lymphokine과 cytokine의 생리활성물질의 분비가 많아진다. 일본에서는 Kumazawa 등(10)이 쥐의 비장세포를 이용한 탐색에서 8개의 약용식물이 mitogenicity를 나타냈고 그 중 7개는 interferon을 유도하는 것을 확인한 바 있다.

버섯으로부터 추출한 다당체의 항암작용(11)은 세포주기 지연에 의한 암세포의 증식억제와 세포사멸 유도(12), DNA와 RNA 합성억제(13) 및 면역기능 강화(14)를 통하여 나타난다. Mizuno 등(15)은 표고버섯으로부터 추출한 다당류가 임파구 T cell을 증가시키고, 높은 수준의 면역증가 활성을 갖고 있다고 보고한 바 있으며, Sava 등(16)은 홍차잎에서 유래된 멜라닌유사색소를 8주령된 쥐에게 체중 kg당 50-200 mg MLP를 경구투여했을 때 B cell이 활성화되었다고 하였다.

한편, 불포화지방산이 많은 식생활은 다량의 과산화물 형성과 prostaglandin 생성의 증가 등으로 생체 내 면역기능의 변화를 일으킨다는 주장이 제기된 이후 식이지방과 면역반응 연구에서 고도불포화지방산(PUFA)식은 포화지방산(SFA)식에 비해 오히려 면역반응을 저하시키고(17), phytohemagglutinin(PHA) 또는 concanavalin A(Con A) 자극에 대항하는 임파구 증식은 옥수수유보다 어유나 아마인유를 급여한 마우스에서 높은 것으로 나타나 오메가-6 지방산 보다 오메가-3 지방산이 면역기능을 증가시킨다고 보고되었다(18). Prostaglandin E<sub>2</sub>(PGE<sub>2</sub>)와 식이지방이 면역기

\*Corresponding author: Sang-Dong Lim, Korea Food Research Institute, San 46-1, Baekhyun-dong, Bundang-gu, Seongnam-si, Kyunggi-do, 463-746, Korea  
Tel: 81-31-780-9082  
Fax: 81-31-780-9160  
E-mail: limsd@kfri.re.kr

Received November 3, 2005; accepted January 17, 2006

능에 미치는 영향에서 PGE<sub>2</sub>는 세포독성작용의 감소, macrophage 활성화 및 NK cell 활성화 등 면역기능이 감소되었고(19), PGE<sub>2</sub> 생성증가는 팜유 보다 옥수수유를 급여한 동물에서 면역기능의 저하를 나타낸 것으로 보고되었다(20).

토마토는 위암, 폐암, 전립선암을 예방하고 뇌세포기능 촉진작용, 식욕증진작용, 피부신진대사 촉진작용, 혈압강화작용, 혈액순환개선작용, 피로회복작용 등 생리활성 및 효능이 있다고 알려지고 있다(21,22). 본 연구는 식이지방(우지, 잇꽃유)을 급여한 마우스에게 토마토가 면역활성에 미치는 영향을 평가하기 위하여 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 실험식이

실험식은 AIN-76 diet에 준하여 Table 1과 같이 식이지방(beef tallow, safflower oil)을 중량비로 각각 5%씩 혼합한 지방식이군을 대조군으로 하였고, 지방식이군 + 토마토첨가군을 실험군으로 하였다. 실험군은 토마토(수분함량, 95%)를 건물기준(DM basis)으로 0.5% 첨가하였다. 실험식의 일반성분 중 조지방(EE) 함량은 실험군과 대조군이 각각 24.52, 14.45%이었다(Table 2).

### 공시동물

실험동물은 생후 4주령된 평균체중이 16-17 g된 BALB/c mouse를 60마리 공시하여 무작위로 30마리씩 2군으로 나누어 10주간 실험식을 급여하였다. 사육실의 온도는 18±2°C, 조명주기는 12 hr(08:00-20:00)으로 조절하였고, 물과 식이는 자유급여(*ad libitum*)시켰다.

Table 1. Composition of basal diet

Ingredient	Contents (%)
Casein (feed grade CP 85%)	20
Corn starch	15
Sucrose	45
Cellulose (fiber)	5
Tallow	5
Safflower oil	5
DL-methionine	0.3
AIN-vitamin mixture <sup>1)</sup>	1.0
AIN-mineral mixture <sup>2)</sup>	3.5
Choline bitartrate	0.2
Total	100

<sup>1)</sup>Contained per kg mixture; Thiamin · HCl 600 mg, Riboflavin 600 mg, Pyridoxine · HCl 700 mg, Nicotinic acid 3 g, Vit. A 400,000 IU (Retinyl acetate), Vit E (dL- $\alpha$ -Tocopheryl acetate) 5,000 IU, Vit. D<sub>3</sub> 2.5 mg, Vit. K 5.0 mg and sucrose.

<sup>2)</sup>Contained per kg mixture; CaHPO<sub>4</sub> 500 g, NaCl 74 g, K<sub>3</sub>C<sub>6</sub>O<sub>7</sub>·H<sub>2</sub>O 220 g, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 52 g, MgO 24 g, 48 Mn 3.5 g, 17% Fe 6.0 g, 70% Zn 1.6 g, 53% Cu 0.3 g, KIO<sub>3</sub> 0.01 g, CrK(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·12H<sub>2</sub>O 0.55 g and sucrose.

Table 2. Proximate analysis of experimental diets

Group	Moisture	Ash	C. P	E. E	Ca (mg%)	P (mg%)
Tomato	10.47 ± 0.14	10.64 ± 2.96	19.94 ± 0.41	24.52 ± 0.17	1.61 ± 0.09	0.82 ± 0.01
Control	10.76 ± 0.21	14.96 ± 2.30	21.21 ± 0.86	14.45 ± 0.05	1.65 ± 0.07	0.84 ± 0.02

Values are mean ± SD (n=3).

### 실험방법

지연성과민반응검사는 4, 7, 10주에, 항체생산 세포수 측정은 7, 10주에 실시하였다. 모든 검사를 심장창자(heart puncture)로 혈액을 채취하였다. 채혈 즉시 백혈구 백분율 계산(DIF test)을 위해 혈액도말 표본을 만들고 나머지는 혈청을 분리하여 -20°C에 저장하였다. 저장된 혈청은 양적혈구(SRBC)에 대한 적혈구응집소가측정(AGG test)에 이용하였다. 각 장기는 적출하여 칭량하였고, 비장의 조직검사는 DTH test 후 적출한 비장을 대상으로 세포조직학적 검사(HIS test)를 실시하였다.

### 양적혈구에 대한 지연성 과민반응검사(DTH test)

생체 내부에서 일어나는 전반적인 세포매개성 면역기능을 알아보기 위해 홍선의존형 항원인 양적혈구에 대한 지연성과민반응을 Ha(23)의 방법을 참고하여 micrometer를 이용하여 족족종창반응검사(footpad swelling reaction)로 측정하였다. 종창의 증가 정도는 다음 공식에 따라 % 증가로 표시하였다.

$$\% \text{ increase} = \{(T_3, T_{24} \text{ or } T_{48} - T_0) / T_0\} \times 100$$

### 양적혈구에 대한 항체생산세포측정(PFC test)

체액성 면역기능을 알아보기 위한 항체생산세포 측정은 양적혈구에 대한 Jern's plaque assay method(24,25)를 다소 수정하여 실시하였다. 8 × 10<sup>8</sup>개의 양적혈구/mL 부유액을 0.5 mL를 마우스 복강에 주사하고 4일 후에 무균적으로 비장을 적출하고, 적출한 비장을 1 × 10<sup>7</sup>개 spleen cell/mL 부유액 200  $\mu$ L를 top agar medium (2배 MEM medium과 1.4% agarose 1 mL 혼합액) 시험관에 넣고 잘 혼합하였다. 이 혼합액을 2배 MEM medium과 2.8% agarose로 미리 만들어 놓은 bottom agar plate에 고무 부어 응고시키고 32°C 항온기에서 4시간 배양 후 30배로 희석한 Guinea pig complement를 4 mL 씩 넣어 실온에서 2시간 다시 배양하였다. 10% neutral formalin을 부어 냉장 저장한 후 plaque 수를 계수하였다.

### 양적혈구에 대한 응집소 측정(AGG test)

양적혈구에 대한 총 항체를 알아보기 위해 지연성 과민반응검사와 항체생산 세포측정시 채혈한 마우스의 혈청을 분리하여 적혈구 응집소를 측정하였다. 즉, 총 항체를 측정하기 위해서 microtitration tray의 각혈(各穴)에 56°C에서 30분간 비동화시킨 혈청에 동량의 0.5% 양적혈구 부유액을 혼합하여 37°C에서 1시간 방치한 다음 응집을 일으킨 혈청의 최고 희석도를 항체가로 판독하였다.

### 백혈구 백분율계산 및 비장 조직검사

백혈구 백분율계산은 Wright' stain을 이용하였고 각각의 식이군에서 비장의 여포변연부의 크기 및 배중심의 형성정도를 비교하기 위해 절제된 비장조직을 10% formalin 용액에 고정시킨 후 파라핀에 매포하고 염색(H&E staining)하여 광학현미경(LM)으로 검정하였다.

(Unit: %)

**통계처리**

실험결과는 SAS package를 이용하여 실험군당 Mean ± SD로 표시하였고, 실험군간 통계적인 유의성은 t-test로 검정하였다.

**결과 및 고찰**

**체중 및 장기무게 변화**

실험기간 동안 체중과 장기무게의 변화는 Table 3과 같다. 실험군(토마토)과 대조군(지방식이군)의 체중은 4, 7 및 10주 모두 대조군이 실험군 보다 높았고, 특히 10주는 각각 20.03, 15.69 g으로 두 군간에 통계적인 차이가 있었다( $p < 0.05$ ). 장기 중 간장과 신장 및 뇌의 무게는 4주와 7주는 차이가 없었고 10주에 실험군과 대조군간에 통계적인 차이가 있었다( $p < 0.05$ ). 심장무게는 두 군간에 차이가 없었다. 폐의 무게는 7주와 10주에 토마토군이 대조군 보다 70-80% 증가( $p < 0.05$ )한 것으로 나타났는데 이러한 현상은 고지방식이 급여에 의한 혈관조직 내외에 지방축적이 일어남으로서 혈관수축이 심하게 일어나게 되고 상대적으로 폐모세혈관의 분압이 상승하여 혈장이 폐조직으로 유출되어 부종(edema)이 일어난 결과로 사료된다.

한편, 토마토군은 대조군에 비해 비장무게와 비장계수(spleen index)가 통계적으로 높았고, 흉선무게는 7주에 대조군이 토마토군 보다 유의하게 높았으나 흉선계수(thymus index)의 경우 4주와 10주는 토마토군이 대조군에 비해 통계적으로 높았다( $p < 0.05$ ) (Table 4). 이러한 결과는 일반적으로 비장의 크기가 커지는 것은 말초림파구(peripheral lymphocyte)가 항원과 결합하여 비장으로 되돌아와 memory B 세포와 T 세포를 자극하여 증식한 것으로 추정할 수 있으나 본 실험에서는 비장 증식은 식이지방의 포화도와 관련되어 지방식이의 급여기간이 길어짐에 따라 비장계수가 높아진 것으로 사료된다. 일반적으로 생체 내 면역기능의 측정지표로 인식되는 간장무게, 비장 및 갑상선계수는 식이 내 지방농도와 포화도에 유의적인 영향을 받기 때문에 지방식이에 의한 이들 측정치의 차이는 곧 부분적으로 불포화지방의 농도 및 지방의 종류에 의해서 림파구 생성능력의 차이를 나타내는 것으로 해석된다(26).

**양적혈구에 대한 지연성 과민반응검사**

식이급여 후 4, 7 및 10주에 측정된 지연성 과민반응(DTH) 결과는 Table 5와 같다. 양적혈구 부유액을 hind limb left footpad에

**Table 3. Body and organ weight of BALB/c mouse fed experimental diets** (Unit: g)

Group	Organ	Body	Liver	Kidney	Heart	Lung	Brain
Tomato	4 wks	35.16 ± 6.76 <sup>1)a</sup>	2.05 ± 0.68 <sup>a</sup>	0.31 ± 0.05 <sup>a</sup>	0.19 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.25 ± 0.07 <sup>a</sup>	0.42 ± 0.05 <sup>a</sup>
	7 wks	37.13 ± 4.83 <sup>a</sup>	2.51 ± 0.29 <sup>a</sup>	0.35 ± 0.04 <sup>a</sup>	0.23 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.37 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.41 ± 0.07 <sup>a</sup>
	10 wks	15.69 ± 1.57 <sup>b</sup>	2.02 ± 1.02 <sup>a</sup>	0.44 ± 0.12 <sup>a</sup>	0.21 ± 0.08 <sup>a</sup>	0.56 ± 0.21 <sup>a</sup>	0.43 ± 0.07 <sup>a</sup>
Control	4 wks	39.92 ± 1.07 <sup>a</sup>	2.45 ± 0.21 <sup>a</sup>	0.32 ± 0.04 <sup>a</sup>	0.22 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.27 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.43 ± 0.03 <sup>a</sup>
	7 wks	38.02 ± 2.26 <sup>a</sup>	2.13 ± 0.14 <sup>a</sup>	0.32 ± 0.04 <sup>a</sup>	0.23 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.25 ± 0.03 <sup>b</sup>	0.43 ± 0.04 <sup>a</sup>
	10 wks	20.03 ± 3.01 <sup>a</sup>	1.21 ± 0.17 <sup>b</sup>	0.19 ± 0.02 <sup>b</sup>	0.17 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.41 ± 0.27 <sup>b</sup>	0.38 ± 0.02 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>Values are mean ± SD (n=5).  
Significantly different among weeks at the same dietary group ( $p < 0.05$ ) by t-test.

**Table 4. Lymphatic organ weight and its index of BALB/c mouse fed experimental diets** (Unit: g)

Group	Organ	Spleen	Spleen index <sup>2)</sup>	Thymus	Thymus index <sup>3)</sup>
Tomato	4 wks	0.32 ± 0.31 <sup>1)a</sup>	0.91 ± 0.27 <sup>a</sup>	0.28 ± 0.25 <sup>a</sup>	0.79 ± 0.18 <sup>a</sup>
	7 wks	0.39 ± 0.08 <sup>a</sup>	1.05 ± 0.45 <sup>a</sup>	0.11 ± 0.04 <sup>b</sup>	0.29 ± 0.06 <sup>a</sup>
	10 wks	0.44 ± 0.12 <sup>a</sup>	2.80 ± 0.76 <sup>a</sup>	0.14 ± 0.10 <sup>a</sup>	0.89 ± 0.02 <sup>a</sup>
Control	4 wks	0.25 ± 0.09 <sup>b</sup>	0.63 ± 0.12 <sup>b</sup>	0.21 ± 0.04 <sup>a</sup>	0.51 ± 0.18 <sup>b</sup>
	7 wks	0.21 ± 0.06 <sup>b</sup>	0.55 ± 0.08 <sup>b</sup>	0.78 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.20 ± 0.06 <sup>a</sup>
	10 wks	0.26 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.63 ± 0.14 <sup>b</sup>	0.07 ± 0.04 <sup>a</sup>	0.51 ± 0.26 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>Values are mean ± SD (n=5).  
<sup>2)</sup>Spleen index = spleen wt. × 100 ÷ body wt.  
<sup>3)</sup>Thymus index = thymus wt. × 100 ÷ body wt.  
<sup>a-b</sup>Values with different letters are significantly different at  $p < 0.05$  by t-test.

**Table 5. Effect of dietary fats and tomato on DTH reaction to SRBC** (Unit: % increase in footpad thickness)

Time after challenge	4 week		7 week		10 week	
	Tomato	Control	Tomato	Control	Tomato	Control
3 hr	21.1 ± 10.8	19.9 ± 8.3	28.4 ± 8.5*	19.7 ± 7.6	25.6 ± 8.2	17.1 ± 5.3
24 hr	50.1 ± 27.4*	38.9 ± 17.7	33.7 ± 13.2*	12.4 ± 8.9	49.8 ± 7.0*	23.1 ± 8.9
48 hr	31.6 ± 14.0*	22.8 ± 6.2	16.7 ± 3.7	10.5 ± 8.0	31.6 ± 13.5*	13.6 ± 4.9

Mice were fed experimental diets supplemented with beef tallow, safflower oil and dried tomato before SRBC immunization. Footpad thickness was just measure before ( $T_0$ ) challenge of SRBC and 3 h ( $T_3$ ), 24 h ( $T_{24}$ ), 48 h ( $T_{48}$ ) after challenge. Values are mean ± SD from 5 BALB/c mice. \* $p < 0.05$  as compared with corresponding control.

**Table 6. PFC test to SRBC of BALB/c mouse fed experimental diets**  
(Unit: number of PFC/10<sup>6</sup> spleen cell)

Week	Tomato	Control
7	372.3 ± 47.5 <sup>1)a</sup>	265.6 ± 37.2 <sup>b</sup>
10	72.8 ± 6.48 <sup>ns</sup>	75.9 ± 4.19

<sup>1)</sup>Values are mean ± SD (n=5).  
Significantly different among weeks at the same dietary group (p < 0.05) by t-test.  
<sup>ns</sup>not significant

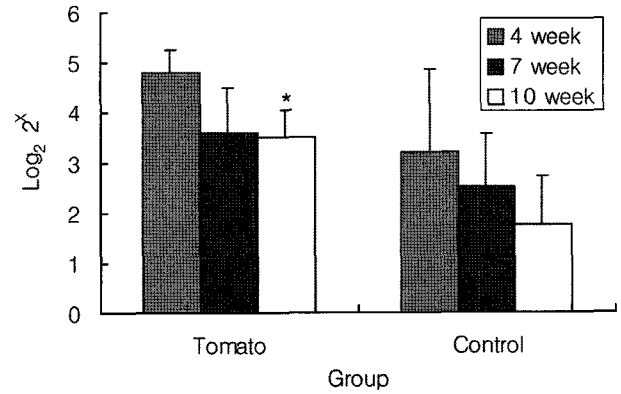
피하주사하여 면역을 야기시킨 후 지연성 과민반응검사 결과 전체적으로 토마토군이 대조군보다 증가하였다. 3시간의 반응값(즉 축두께의 증가율)은 토마토군이 4, 7, 10주에 각각 21.1, 28.4, 25.6%로 나타난 반면 대조군은 각각 19.9, 19.7, 17.1%로 식이기간이 증가할수록 반응이 감소하였다. 7주는 3시간의 반응값이 토마토군과 대조군간에 유의한 차이가 있었다(p < 0.05). 24시간의 반응값은 토마토군이 대조군에 비해 4, 7, 10주에 유의하게 높게 나타났고(p < 0.05), 3시간 반응값과는 상반된 결과로 두 군 모두 7주에 감소하고, 10주에 증가하였다. 48시간의 반응값은 24시간과 비슷한 경향이였다. 한편, 전체적으로 토마토군의 반응값은 4, 7, 10주에서 모두 24시간이 대조군에 비해 통계적으로 높았다(p < 0.05).

**양적혈구에 대한 항체생산 세포수 측정**

식이급여 후 7주와 10주에 측정한 항체생산 세포수(PFC) 결과는 Table 6과 같이 7주의 측정치는 토마토군이 대조군보다 통계적으로 높은 반면(p < 0.05), 10주는 대조군이 토마토군 보다 약간 높은 결과를 보였다. 본 실험에서 전반적으로 식이의 급여기간이 길어질수록 토마토군과 대조군에서 항체생산 세포수가 유의하게 감소된 것으로 나타났는데(p < 0.05) 이는 주령이 증가할수록 생체 내 T-helper cell과 B-cell이 감소됨으로서 체액성 면역이 떨어진다는 보고(27)와 일치하는 것으로 사료된다.

**양적혈구에 대한 적혈구 응집소가 측정**

전반적인 면역기능을 확인하기 위하여 양적혈구 항원에 대한 적혈구 응집소가(AGG)는 4주에 토마토군이 지방식이군인 대조군 보다 높았고, 7주와 10주 역시 토마토군이 대조군 보다 높았다(Fig. 1). 식이지방으로 우지와 잇꽃유를 중량비로 각각 5% 첨가식을 급여한 본 실험에서는 실험기간이 길어질수록 항체는 항체생산 세포수 결과와 비슷하게 감소하는 경향으로 나타났지만 토마토군은 7주와 10주는 비슷한 수준이었고, 대조군은 4, 7, 10주 계속해서 뚜렷하게 감소하였다. 특히 10주의 항체는 토마토군과 대조군간에 유의한 차이가 있었다(p < 0.05). 한편, 고도



**Fig. 1. Antibody response to SRBC in BALB/c mice fed experimental diets.** All mice were immunized intra-footpad with 0.03 mL SRBC suspension and bled 7 days after sensitization. Each column and bar represents the mean ± SD.

포화지방산식이군은 고도 불포화지방산식이군 보다 생체 내 항체 생산 능력이 높다는 보고가 있다(28).

**백혈구 백분율계산**

호중구(neutrophil)는 감염이나 이물에 대하여 생체를 방어하는 식균작용(phagocytosis)을 갖는 백혈구로 그 수가 비교적 많은데 분엽핵세포(neutrophil-segmented cell)는 토마토군은 식이의 급여기간이 길어질수록 증가한 반면 대조군은 감소하였다(Table 7). 골수에 있는 조혈간세포로부터 분화된 lymphoid progenitor로부터 만들어지는 임파구는 토마토군과 대조군에서 식이의 급여기간이 길어질수록 증가하였고, 단구(monocyte)는 토마토군에서 4주와 7주 보다 10주에 4배 이상 증가하였으며, 대조군 역시 4주와 7주 보다 10주에 각각 0.7-0.4배 증가하였다.

**장기 조직검사**

본 실험에서 비장조직 검사결과 토마토군의 동맥주위에 있는 임파성 조직인 白色髓(white pulp)가 매우 심하게 증식되어 활발한 면역반응을 예상할 수 있고(Fig. 2), 간장조직 검사결과 국소성으로 변성된 단핵세포 침윤소가 관찰되었지만 이는 실험식이와는 관계가 없는 것으로 사료되었다(Fig. 3). 식이지방의 농도와 종류에 따라 비장조직의 B cell과 T cell의 증식에 차이를 보인다는 실험결과가 보고되었다(29).

**요 약**

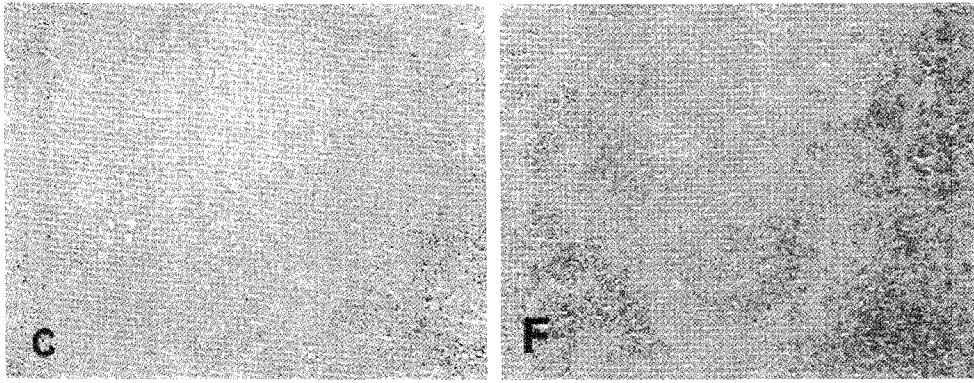
본 연구는 식이지방(우지, 잇꽃유)을 급여한 마우스에게 토마

**Table 7. Differential white cell counts of BALB/c mouse after 4 weeks fed experimental diets**

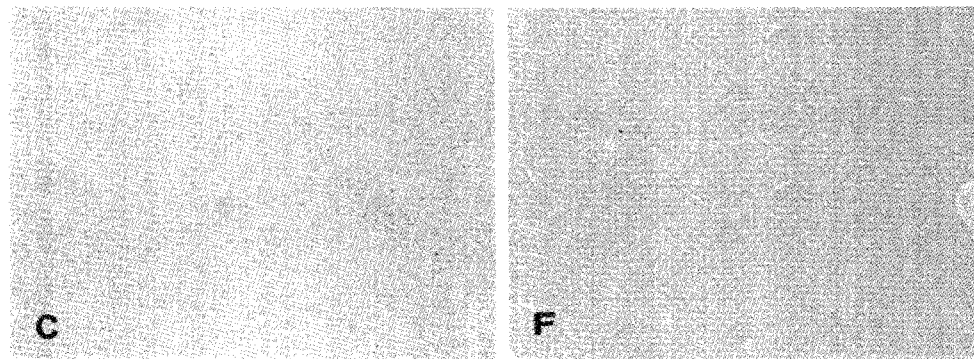
(Unit: %)

Group	Cell type	Neutrophil		Eosinophil	Lymphocyte	Monocyte
		Band	Segment			
Tomato	4 wks	0.60 ± 0.54 <sup>1)</sup>	9.80 ± 7.04	0	89.00 ± 7.31	0.75 ± 0.50
	7 wks	0.50 ± 0.50	9.00 ± 2.40	0.50 ± 0.20	89.50 ± 2.20	0.50 ± 0.05
	10 wks	0.30 ± 0.10	1.25 ± 0.22	0	95.25 ± 1.50	3.20 ± 1.20
Control	4 wks	1.00 ± 0.71	10.8 ± 5.06	0	87.20 ± 5.89	1.00 ± 0.71
	7 wks	0.00 ± 0.00	7.80 ± 5.08	0.50 ± 0.20	90.50 ± 2.22	1.20 ± 0.02
	10 wks	0.50 ± 0.20	6.55 ± 2.38	0	91.22 ± 3.34	1.73 ± 0.02

<sup>1)</sup>Values are mean ± SD (n=5).



**Fig. 2.** The photograph of spleen in BALB/c mice.  $\times 100$  (H&E staining). C (Tomato): Mild hyperplasia of the white pulp in spleen. F (Control): Normal tissue of white pulp in spleen.



**Fig. 3.** The photograph of liver in BALB/c mice.  $\times 100$  (H&E staining). C (Tomato): Focal mononuclear cell infiltration around of central vein in hepatic cells. F (Control): Normal tissue in liver.

토마토 면역활성에 미치는 영향을 평가하기 위하여 수행하였다. AIN-76 diet에 포화지방(beef tallow)과 불포화지방(safflower oil)을 각각 5%씩 중량비로 혼합한 식이를 대조군으로 하였고, 실험군은 토마토(수분함량, 95%)를 고려하여 건물기준으로 0.5%를 첨가한 실험식이를 제조하여 BALB/c 마우스에게 10주 동안 급여하였다. 자연성 과민반응검사는 4, 7, 10주에, 항체생산 세포수측정은 7, 10주에 실시하였다. 혈액은 심장천자(heart puncture)로 채취하였으며 저장된 혈청은 양적혈구(SRBC)에 대한 적혈구응집소 가측정(AGG test)에 이용하였다. 각각의 장기는 적출하여 칭량하였고, DTH test 후 적출한 비장을 대상으로 세포조직학적 검사를 실시하였다. 토마토군은 대조군에 비해 4주와 10주의 비장계수(spleen index)와 흉선계수(thymus index)가 통계적으로 높았다( $p < 0.05$ ). 양적혈구에 대한 자연성 과민반응검사에서도 토마토군은 4주, 7주, 10주 모두 24시간의 반응값이 대조군 보다 통계적으로 유의하게 높았다( $p < 0.05$ ). 토마토군은 3시간은 7주, 24시간은 4주, 48시간은 4주와 10주에서 대조군에 비해 통계적인 유의성이 있었다( $p < 0.05$ ). 항체생산 세포수는 식이급여 7주에 토마토군이 대조군보다 통계적인 차이가 나타난 반면 10주는 차이가 없었다. 양적혈구에 대한 응집소가는 식이의 급여기간이 길어질수록 감소하였는데, 토마토군이 대조군에 비해서 특히 10주의 응집소가는 유의성이 있었다. 임파구(lymphocyte)는 토마토군이 대조군보다 다소 증가하였고, 비장조직 검사결과 토마토군은 백색수(white pulp)가 심하게 증식되어 활발한 면역반응을 보였다.

## 감사의 글

본 연구는 2002년도 농림수산특정연구과제 축산분야 연구비에 의해 수행된 연구결과의 일부로 연구비 지원에 감사드립니다.

## 문헌

1. Itoh A, Iizuka K, Natori S. Antitumor effects of sarcophaga lectin on murine transplanted tumors. *J. Cancer Res.* 76: 1027-1033 (1985)
2. Agarwal BB, Traquina PR, Eessalu TE. Modulation of receptor and cytotoxic response of tumor necrosis factor-L by various lectins. *J. Biol. Chem.* 261: 13652-13656 (1986)
3. Hara C, Kumazawa Y, Inagaki K, Kaneko M, Kiho T, Ukai S. Mitogenic and colony stimulating factor modulating activity of polysaccharide fractions from the fruit bodies of dictyohora indusiata. *Fisc. Chem. Pharm. Bull.* 39: 1615-1616 (1991)
4. Severinson E, Larsson EL. Handbook of experimental immunology. Vol 2, p. 63. In: Handbook of Experimental Immunology. Weir DM (ed). Blackwell Scientific Publication, Inc., Ames, IA, USA (1986)
5. Yongwen Z, Hiroaki K, Tsukasa M, Haruki Y. Fractionation and chemical properties of immunomodulating polysaccharides from roots of *Dipsacus asperoides*. *Planta Medica* 63: 393-399 (1997)
6. Green ED, Baenziiger JU. Characterization of oligosaccharides by lectin affinity high performance liquid chromatography. *Trends Biochem. Sci.* 14: 168-172 (1989)
7. Yeaton RW. Invertebrate lectin. I. Occurrence. *Dev. Comp. Immu-*

- nol. 5: 391-402 (1981)
8. Harada AK, Yokosawa H, Ishii SI. N-acethyl-galactosamine-specific lectin, a novel lectin in the hemolymph of the ascidian *Halocynthia roretzi*. Isolation, characterization and comparison with galactose-specific lectin. *Comp. Biochem. Physiol.* 88B: 375-381 (1987)
  9. Yang QY. History, present status and perspectives of the study of Yun Zhi polysaccharopeptide. pp. 5-15. In: *Advance Research in PSP, 1999*. Yang QY (ed). Hong Kong Association for Health Care Ltd., Hong Kong (1999)
  10. Kumazawa T, Imai J, Tamakuma S. Clinical and immuno-logican separated from hot water extract of *Angelica acutiloba* Kitagawa (*Yamato Tohki*). *Immunol.* 47: 75-83 (1982)
  11. Shamstsyanyan M, Konusova V, Maksimova Y, Goloshchev A, Panchenko A, Simbirtsev A, Petrishchev N, Denisova N. Immunomodulating and anti-tumor action of extracts of several mushrooms. *J. Biotech.* 113: 77-83 (2004)
  12. Hsieh TC, Kunicki J, Darzynkiewicz Z, Wu JM. Effects of extracts of *Coriolus versicolor* on cell-cycle progression and expression of interleukins-1 beta, -6, and -8 in promyelocytic HL-60 leukemia cells and mitogenically stimulated and nonstimulated human lymphocytes. *J. Altern. Complem. Med.* 8: 591-602 (2002)
  13. Chen RT, Xu B. Study on anti-tumor effect of polysaccharide-peptide of *Coriolus versicolor*. *J. Shanghai Teach Univ.* 19: 81-84 (1990)
  14. Li XY. Advances in immunomodulating studies of polysaccharopeptide. pp. 39-46. In: *Advance Research in PSP, 1999*. Yang QY (ed). Hong Kong Association for Health Care Ltd., Hong Kong (1999)
  15. Mizuno M, Minato K, Kawakami S, Tatsuoka S, Denpo Y, Tsuchida H. Contents of anti-tumor polysaccharides in certain mushrooms and their immunomodulating activities. *Food Sci. Technol. Res.* 7: 31-34 (2001)
  16. Sava VM, Galkin BN, Meng YH, Ping CY, Huang GS. A novel melanin-like pigment derived from black tea leaves with immunostimulating activity. *Food Res. Intl.* 34: 337-343 (2001)
  17. Erickson KL. Dietary fat modulation of immune responsiveness. *Int. J. Immunopharmacol.* 8: 529-543 (1986)
  18. Kelly DS, Nelson GJ, Serrato CM, Schmidt PC, Branch LB. Effect of type of dietary fat on indices of immune status of rabbits. *J. Nutr.* 118: 1376-1384 (1988)
  19. Kevin DC, Lawrence JB, Roberts V, Elaine M. Dietary modification of fatty acid and prostaglandin synthesis in the rat: effect of variation in the level of dietary fat. *Biochem. Biophys. Acta* 795: 196-207 (1984)
  20. Erickson KL, Schumacher LA. Lack of influence of dietary fat on murine natural killer cell activity. *J. Nutr.* 119: 1311-1317 (1989)
  21. Jung DH. *Physiological Activity of Food*. Sunjin moonwhasa, Seoul, Korea, pp. 98-100 (1998)
  22. Choi SY. *Food and Health*. Dongmyungsa, Seoul, Korea. pp. 238-240 (2001)
  23. Ha TY. Effect of alcohol on immune response in mice. *J. Korean Soc. Microbiol.* 25: 265-281 (1990)
  24. Gilbert AB, Patricia VJ. Essential fatty acid deficiency, prostaglandin synthesis and humoral immunity in Lewis rats. *J. Nutr.* 113: 1187-1194 (1983)
  25. Richard WL, Charles ES, Pamela JF. The effect of restricted dietary intake on the antibody mediated response of the zinc deficient A/J mouse. *J. Nutr.* 108: 881-887 (1978)
  26. Mertin J, Meade CJ, Hunt R. Importance of the spleen for the immuno inhibitory action of linoleic acid in mice. *Int. Archs. Allergy Appl. Immunol.* 53: 469-473 (1977)
  27. Yoon GA, Kim WY, Kim SH. The effect of the dietary carbohydrate on lipid and Ca metabolism, and the immune function in aged rats. *Korean J. Nutr.* 20: 135-144 (1987)
  28. Kent LE, Dorothy AA, Robert JS. Dietary fatty acid modulation of murine B-cell responsiveness. *J. Nutr.* 116: 1830-1840 (1986)
  29. Mary L, Kathleen MN, Paul MN. The effects of quality and quantity of dietary fat on the immune system. *J. Nutr.* 113: 951-961 (1983)