

아마종실과 α -Tocopherol, 셀레늄 급여가 육계의 세포표면항원 발현에 미치는 영향

안종남¹ · 채현석¹ · 문진산² · 김동운¹ · 권명상³ · 박병성³

¹축산기술연구소 · ²수의과학검역원 · ³강원대학교

Effects of Full-Fat Flax Seed, α -Tocopherol and Selenium on the Expression of Cell Surface Antigen of Broiler Chickens

Ch. N. Ahn¹, H. S. Chae¹, J. S. Moon², D. W. Kim¹, M. S. Kwon³ and B. S. Park³

¹National Livestock Research Institute, 564, Omokchun-Dong, Kwonsun, Suwon, Korea, 441-350

²National Veterinary Research & Quarantine Service, 480 Anyang-6dong, Manan-gu, Anyang, Kyonggido, Republic of Korea, 430-016

³College of Animal Agriculture, Kangwon National University, 192-1, Hyoja2-Dong, Chunchon, Kangwon-Do, Korea, 200-701,

ABSTRACT : To examine the effects of feed additives on the expression of peripheral blood cell surface molecules, phagocytosis and antigen specific antibody formation, broilers were randomly assigned to T₁, T₂, T₃, and T₄ groups. T₁ group was fed diet without any additives for 13 weeks, T₂ was fed diet with full fat flax, T₃ was fed diet with full fat flax containing α -tocopherol, and T₄ was fed diet with full-fat flax containing α -tocopherol and selenium. Since 5 weeks feeding the data were examined by flow cytometry using a panel of monoclonal antibodies. The expression of monocyte in all treated groups was significantly increased, in which the ratio of expression in T₃ group was especially evident. B cell expression of all treated groups was increased more than 2 fold. The expression of CD4⁺ (helper T cell) cell and CD8⁺ (cytotoxic/suppressor T cell) cell of all treated groups also was increased.

(Key words : broilers, monocyte, B cell, CD4⁺ (helper T cell) cell, CD8⁺ (cytotoxic /suppressor T cell) cell, full-fat flax seed, α -tocopherol, selenium)

서 론

지방산은 근육, 심장, 간장 등의 미토콘드리아에서 에너지원으로 이용되기 위하여 β -산화 작용을 받는다. 그러나 지방조직에 저장되거나 산화되지 않는 지방산은 세포에 선택적으로 결합하여 직접 또는 간접적으로 세포의 투과성, 세포막에 결합되어 있는 효소의 성질, 세포막에 존재하는 수용체 (receptor)에 작용하여 다른 세포의 기능에 영향을 미친다.

수용체와 효소기능에 영향을 미치는 막 유동성은 사료 지방산의 양과 형태, cholesterol과 비타민 D에 의하여 영향을 받기 때문에 insulin receptors, membrane 5' - nucleotidase와 Ca²⁺-ATPase 활성은 사료에 함유된 지

방산에 따라 민감하게 영향을 받는다 (Behme 등, 1996). 또한 사료의 n-3와 n-6 계열의 다가불포화지방산 (polyunsaturated fatty acid ; PUFA)은 eicosanoids, cytokines, proteinkinase C와 같은 세포활성화 효소와 membrane receptor의 발현에 변화를 주어 면역계의 모든 세포에 영향을 미친다 (Hardard'oltir 등, 1992; Meydani 등, 1991; May 등, 1993; Opmeer 등, 1984).

초생추는 지방대사에 있어서 지방산의 탄소를 연장하고 단축시키는 능력이 있기 때문에 면역조직의 지방산 조성은 급여사료의 지방산 조성에 따라 차이가 있어, 비장세포의 항체 의존성 세포독성이 감소되고, 세포 매개성 면역기능 향상 (Fritsche 등, 1992)과 1차항체반응(primary antibody response)이 유의적으로 향상되었다고 하였다

(Fritsche 등, 1991a). 이와 같이 조직에 있어서 지방산 변화는 막의 지방산 조성의 물리적 특성이 변화되어(Brenner, 1984; Stubbs, 1984) 간, 심장, 뇌의 미토콘드리아에 있는 주요 효소의 활력 변화가 일어나(Barzanti 등, 1994) 세포막 효소들의 활성이 영향을 받기 때문에(Ledger 등, 1987) 결과적으로 세포의 대사적 경로가 영향을 받는다(Wong 등, 1984)고 하였다. 또한 α -tocopherol이 결핍되면 T 세포 의존성 항원에 대한 항체 반응이 저하되는데 셀레늄이 결핍되면 더욱 악화된다. Tocopherol은 면역세포의 지질과산화물을 억제시키는 역할을 하고, prostanoids와 leukotrienes를 생성하는 생합성 경로의 초기 효소인 cyclooxygenase와 lipoxygenase의 활성을 조절하기도 한다. α -tocopherol은 면역세포 증식을 자극하는 mitogen과 지연형 피부 과민반응에 영향을 미치고, 연령이 많은 생쥐의 경우 세포매개성 면역과 T 세포 기능에 필요한 interleukin-2 형성을 증가시키며, NK세포(natural killer) 활성 억제를 일으키는 항원을 감소시키는 것으로 보고되었다(Meydani 등, 1988). 이러한 변화의 중요성은 α -tocopherol이 Macrophage의 cyclooxygenase 활성을 조절하는 PGE₂ 합성을 감소시키는 것과 관련이 있기 때문이다. 상대적으로 산소 라디칼의 생성을 억제하는 α -tocopherol, 비타민 C와 비타민 A는 B 면역세포와 T 면역세포의 기능 유지, 면역세포 증식, Macrophage 수용기 보호에 중요한 역할을 한 것으로 알려지고 있다. 그리고 셀레늄과 α -tocopherol은 방어체계의 발달과 유지에 주요한 역할을 하는데 일반적으로 셀레늄 0.1ppm 이상은 생쥐에 있어서 면양적혈구 (sheep erythrocytes)에 대하여 주요 면역반응을 증가시킨다. 병아리에 있어서 α -tocopherol이나 셀레늄 또는 양쪽 모두가 결핍할 때에는 면역기능이 손상되고(Marsh 등, 1981), F₁낭 무개가 감소되었으며, 주요 림프기관과 비장에서 발견된 림프구 수가 감소되어 조직학적으로 파손된 변화가 일어났다(Marsh 등, 1982). 식이에 α -tocopherol 첨가는 체액성과 세포매개성 면역반응과 식세포 기능을 증가시키는 것으로 보고되고 있다(Meydani와 Blumberg, 1989). 본 연구에서는 아마종실과 α -tocopherol, 셀레늄 급여가 육계의 면역세포 표면항원에 미치는 영향을 구명하고자 면역세포에 특이적인 단클론 항체 5종과 유속세포분석기(flow cytometry)를 이용하여 세포표면항원의 발현에 미치는 영향을 측정하였다.

재료 및 방법

1. 공시축 및 시험장소

본 시험에 사용된 공시동물은 평균 체중이 35g인 아바에이카중(♂) 육계를 축산기술연구소 육계사에서 사육하면서 시험을 수행하였다.

2. 시험설계

시험사료의 급여기간은 5주령부터 급여하였고, 시험구 배치는 4처리 7반복으로 각 케이지당 1수씩 격리하여 사육하였다. 말초혈액으로부터 채혈은 시험사료를 급여하기전 5주령(시험개시후 0주) 7주령(시험개시후 2주) 9주령(시험개시후 4주) 13주령(시험개시후 8주)에 채혈하였다.

3. 시험사료

본 시험사료를 급여하기 이전의 기간 즉 0~4주령말까지는 한국표준가축사료급여기준(1994)의 권장수준으로 배합된 사료를 무제한 급여하였고, 시험기간인 5주령부터 13주령까지 8주 동안은 Table 1의 시험사료를 급여하였다. 시험사료는 아마종실의 첨가 유무에 따라 Diet A(T₁)와 Diet B(T₂₋₄)로 구분하였는데 Diet A는 아마종실 무첨가구이고 Diet B는 아마종실 첨가구이다. 그리고 항산화제로서 α -tocopherol과 셀레늄 수준은 Diet B에서 조절하였다. 즉, Diet B에서 T₂는 항산화제 무첨가구, T₃는 사료 kg당 α -tocopherol 200mg 첨가, T₄는 사료 kg당 α -tocopherol 200mg과 셀레늄 0.25mg을 추가하여 급여하였다.

본 시험에 사용한 α -tocopherol은 50% dl α -tocopheryl acetate였고, 셀레늄은 selenium proteinate을 사용하였다.

4. 사양관리

시험 개시전 사양관리는 3주까지 초생추 4단 케이지에서 육성한 후 본 시험 때에는 1마리씩 케이지(66×36×33cm)에 수용하였다. 시험사료와 물은 자유로이 섭취토록 하였고, 시험개시 전 질병예방 및 스트레스 경감을 위한 항생제 투여는 음수로 하였으며, 시험사료 급여기간에는 백신 접종을 생략하였고 기타 사양관리는 축산기술연구소 관행방법에 준하였다.

5. 말초혈액으로부터 백혈구 분리

말초혈액 백혈구(peripheral blood leukocyte:PBL)의 분리는 Chan 등(1988)의 방법으로 실시하였다. 즉 익화정백으로부터 채혈한 5~7ml의 혈액을 heparin이 첨가된 시험관에 혼합 154g에서 10분간 원심분리하여 buffy coat 층을 채취하여 Ficoll(Histopaque 1.083, Sigma)에

Table 1. Formula and chemical composition of broiler finisher diets with full fat flax seed(FS)

| Ingredient | Diet A (T ₁) | Diet B (T ₂ -T ₄) |
|-----------------------------------|-----------------------------|---|
| | -----% (as-fed) ----- | |
| Yellow corn | 69.21 | 72.80 |
| Soybean meal | 25.04 | 16.45 |
| Corn gluten meal | - | 4.49 |
| Tallow | 2.50 | - |
| Full fat flax seed | - | 3.00 |
| Limestone | 1.01 | 1.05 |
| Tricalcium phosphate | 1.20 | 1.20 |
| DL-Methionine (50%) | 0.02 | 0.02 |
| L-Lysine HCl | 0.16 | 0.16 |
| Mineral. Mix ¹ | 0.55 | 0.55 |
| Salt | 0.25 | 0.25 |
| Antibiotics | 0.05 | 0.05 |
| Antioxidants ² | - | + |
| Total | 100 | 100 |
| Chemical composition | | |
| Metabolizable energy (kcal/kg) | 3,100 | 3,100 |
| Crude protein (%) | 17.00 | 17.00 |
| Calcium (%) | 0.80 | 0.80 |
| Available phosphorus (%) | 0.31 | 0.30 |

¹, The vitamin and mineral mixtures provided the following per kg diet; vitamin A, 1,500,000IU; vitamin D₃, 250,000IU; vitamin E, 250IU; vitamin K₃, 250mg; vitamin B₂, 1,000mg; vitamin B₁₂, 1,000mg; Cholinechloride, 35,000mg; Niacin, 5,000mg; Caphanthothenate, 1,000mg; Folicin, 20mg; B.H.T, 6,000mg; Mn, 12,000mg; Zn, 9,000mg; Fe, 4,000mg; Cu, 550mg; I, 250mg; Ca, 7,150mg; UGF, 200,000mg.

², Antioxidants; Diets A(T₁) not added; Diets B(T₂-T₄) treatment 1(T₂), not added; treatments 2(T₃), α -tocopherol 200IU/kg; treatments 3(T₄), α -tocopherol 200IU/kg + Se 0.25mg/kg.

중충한 후 385g에서 20분간 원심분리하였다. Ficoll과 경계면에서 백혈구를 채취하여 PBS로 3회 세척하여 PBS에 부유시킨 다음 trypan blue exclusion technique에 의해 생존 세포수를 측정 한 후 최종 농도가 1×10^7 /ml 정도로 조절하여 이용하였다.

Table 2. A panel of MoAbs which specifically react to chicken leukocyte differentiation antigens

| MoAbs | Specificity |
|-------------|-------------------------|
| 1. AV 62 B | MHC class II |
| 2. AV 57 A | CD 4 |
| 3. 1-13 B | CD 4 |
| 4. AV 213 A | CD 8 |
| 5. FNY 18 | CD 8 |
| 6. AV 65 A | B cells |
| 7. K 1 | Monocyte / thrombocytes |

6. 백혈구 아집단 분포 조사를 위한 검사용 단클론 항체 이용 유전면역 반응조사

아마중실과 항산화제 급여가 육계의 면역세포 표면항원의 발현에 미치는 영향을 조사하기 위하여 백혈구 세포표면 분자 (cell surface molecules)에 특이적인 단클론 항체인 anti-major histocompatibility complex (MHC) class II 와 anti-T cell에 대한 단클론 항체 등을 사용하였다.

7. 유속세포 분석기를 이용한 세포표면 항원분석 (Flow cytometry analysis)

백혈구의 아군별 분포율 분석은 Davis 등(1990)의 방법에 준해서 flow cytometry를 이용하여 다음과 같은 방법으로 실시하였다. Conical bottom microplate의 한 well당 단클론 항체 $50 \mu\text{l}$ ($15 \mu\text{g}/\text{ml}$)와 혈액에서 분리한 1×10^7 /ml의 백혈구를 첨가한 후 4°C 에서 30분간 감작시킨 다음 4°C 의 first washing buffer (PBS 450 ml, ACD 50 ml, 20% NaN₃ 5 ml, gammaglobulin free horse serum 10 ml, 250mM EDTA 20 ml, 0.5% phenol red 1 ml)로 3회 원심분리 (514g, 3분, 4°C)하여 세척한 후 상층액은 버리고 밀부분에 모인 백혈구의 pellet을 plate 또는 vortex mixer를 이용하여 부유시켰다. 부유된 백혈구는 secondary antibody로 단일 염색을 하기 위하여 fluorescein isothiocyanate (FITC)-conjugated goat anti-mouse IgG + IgM antibody (Caltag, Lab, Inc, South San Francisco, U. S. A)를 200배로 희석한 후 각 well에 $100 \mu\text{l}$ 씩 첨가하였다. 이를 다시 4°C 에서 30분간 감작시킨 다음 4°C 의 secondary washing buffer (first washing buffer 성분중 horse serum만 제거한 것)로 3회 원심분리하여 세척한 다음 2% PBS-formalin (38% formalin 20 ml PBS 980 ml) 용액을 $200 \mu\text{l}/\text{well}$ 이 되게 가하여 고정시킨 후 염색이 끝

난 세포들은 검사 때까지 모두 냉암소(4°C)에 보관하면서 flow cytometry로 총 1,000개 이상의 세포를 검사하여 양성반응 세포수를 측정하였고, 측정된 자료분석은 Becton Dickinson사의 Consort 32 컴퓨터 및 Lysys program을 이용하여 실시하였다.

결과 및 고찰

면역시스템은 질병 저항성에 영향을 주는 가장 중요한 체계로서 면역세포의 수나 기능은 생체 전체의 생리적 또는 병리적 상태에 의해 영향을 받는다.

최근의 연구에 의하면 생체 내에서 생산되는 유리산소기가 세포막이나 DNA의 파괴로 노화와 면역저하를 야기하며, 항산화제가 이러한 유해산소를 제거하여 숙주 방어세포들을 보호하는 것으로 알려져 있다. 따라서 본 연구에서는 아마종실과 α -tocopherol, 셀레늄 급여가 육계의 면역세포 표면항원에 미치는 영향을 구명하고자 면역세포에 특이적인 단클론 항체 5종과 유속세포분석기(flow cytometry)를 이용하여 조사한 결과는 Table 3과 Fig. 1~5와 같다. 즉, 항원전달세포, B 림프구 및 활성화된 일부 T 림프구가 소유하고 있는 MHC class II에 대한 분포를 변화는 대조구와 시험구 모두에서 유의성 있는 차이는 없었다. 이와 같은 결과는 MHC class II 항원의 발현은 주로 급작스런 면역반응의 이상을 유발하는 질병 발생시 주로 증가하는 것이기에 본 연구 결과에 나타나는 대조구와 시험구의 유사한 결과는 실험과정 중 질병에 노출되지 않고 지극히 정상적인 면역반응을 보이는 것으로 사료된다. 세포성 면역반응에 중요한 역할을 하는 T 세포의 경우도 CD4 molecule 양성발현의 helper T cell과 CD8 양성세포(cytotoxic/suppressor T cell)의 분포율은 시험사료 급여 기간이 경과함에 따라 시험구간에 약간의 차이는 있었으나 유의성은 없었다. 이와 같은 결과는 항원인지 과정에서 CD4⁺ CD8⁻ T 림프구는 MHC class II molecule의 제한을 받고, CD4⁻ CD8⁺ T 림프구는 MHC class I molecule의 제한을 받는다는 보고(Clever 등, 1990. Born 등, 1990)에 비추어 볼 때, 아마종실이 MHC class II 발현에 관여하지 않으므로 CD4 및 CD8 양성세포의 발현에 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

한편, 아마종실과 셀레늄 그리고 α -tocopherol을 동시에 급여한 T₄ 구는 시험사료를 급여하기 전보다 급여 후 2, 4, 8주에 CD4 양성세포의 분포율이 각각 13.6, 20.8, 16.4, 19.7%로 약간의 증가를 나타내었다. 이와 같은 결과

Table 3. Expression of cell surface antigens in peripheral blood leukocyte of chickens against various monoclonal antibodies

| Specificity of MoAb | Before | 2wks | | | | 4wks | | | | 8wks | | | |
|---------------------|-----------------------|-----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | T1 ¹ | T2 | T3 | T4 | T1 | T2 | T3 | T4 | T1 | T2 | T3 | T4 |
| class II | 76.6±8.7 ² | 73.1±4.3 | 71.5±4.3 | 73.9±5.2 | 76.6±6.6 | 70.2±9.3 | 68.9±9.5 | 78.2±6.8 | 78.8±9.2 | 76.3±4.3 | 80.1±5.9 | 77.1±4.6 | 72.4±9.3 |
| CD4 | 13.6±5.2 | 11.2±4.5 | 15.6±5.4 | 12.4±3.7 | 20.8±6.9 | 12.6±3.2 | 13.3±3.7 | 15.8±3.9 | 16.4±4.6 | 12.0±4.5 | 11.7±1.8 | 20.6±5.5 | 19.7±6.9 |
| CD4 | 14.0±6.7 | 12.9±6.1 | 13.0±6.2 | 16.5±5.4 | 22.7±6.1 | 16.1±4.6 | 14.3±3.4 | 17.2±5.7 | 14.4±4.7 | 13.5±6.1 | 14.7±1.3 | 24.9±9.9 | 18.7±8.9 |
| CD8 | 10.0±5.5 | 10.4±4.6 | 12.0±2.7 | 11.6±4.6 | 10.8±3.9 | 12.1±1.7 | 6.5±2.7 | 18.6±3.0 | 14.2±3.9 | 11.0±4.6 | 13.9±4.8 | 19.1±4.1 | 11.2±7.7 |
| CD8 | 11.7±4.8 | 10.4±4.7 | 14.3±3.9 | 11.9±4.3 | 12.1±6.3 | 14.8±1.6 | 12.4±4.7 | 18.2±6.5 | 11.0±1.4 | 15.2±4.7 | 16.2±6.2 | 20.1±5.0 | 16.8±7.2 |
| B | 8.1±5.4 | 6.7±2.6 | 12.5±3.9 | 10.4±8.5 | 10.3±5.2 | 4.5±1.5 | 15.8±8.4 | 13.9±4.7 | 9.3±3.8 | 4.0±2.6 | 19.3±9.0 | 23.5±8.6 | 8.1±6.6 |
| Monocyte | 24.1±7.5 | 18.8±4.2 | 31.6±4.9 | 43.1±3.7 | 33.3±9.0 | 17.5±5.3 | 30.1±2.9 | 38.8±9.6 | 31.4±1.2 | 18.9±4.2 | 40.7±4.2 | 46.6±8.4 | 84.1±8.5 |

¹, Antioxidants : Diets A(T₁) not added; Diets B(T₂-T₄) treatment 1(T₂), not added; treatments 2(T₃), α -tocopherol 200IU/kg; treatments 3(T₄), α -tocopherol 200IU/kg + Se 0.25mg/kg.

², Means ± standard deviation.

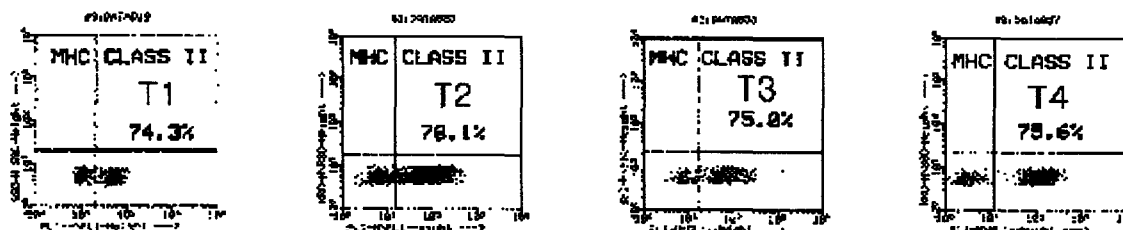


Fig. 1. Representative dot plot profiles of chicken peripheral blood lymphocytes(PBL) using monoclonal antibody specifically reactive with chicken classII antigen. Antioxidants : Diets A(T₁), not added; Diets B(T₂-T₄) treatment 1(T₂), Not added; treatments 2(T₃), α -tocopherol 200IU/kg; treatments 3(T₄), α -tocopherol 200IU/kg + Se 0.2mg/kg.

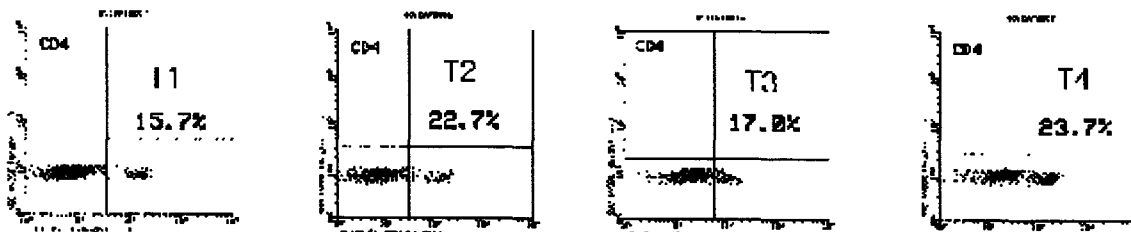


Fig. 2. Representative dot plot profiles of chicken peripheral blood lymphocytes(PBL) using monoclonal antibody specifically reactive with chicken CD4 antigen. T₁, T₂, T₃, T₄ : Refer to the Fig. 1.

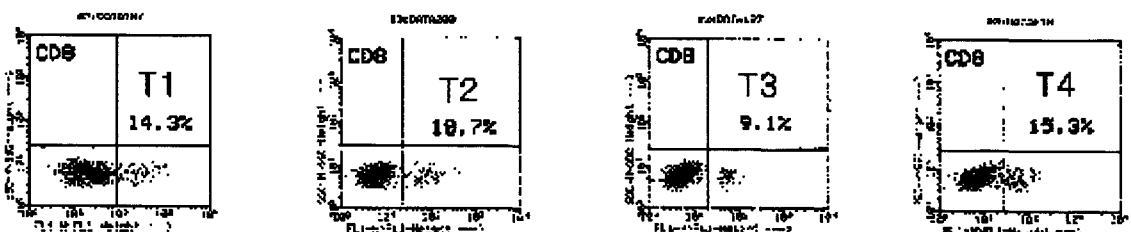


Fig. 3. Representative dot plot profiles of chicken peripheral blood lymphocytes(PBL) using monoclonal antibody specifically reactive with chicken CD8 antigen. T₁, T₂, T₃, T₄ : Refer to the Fig. 1.

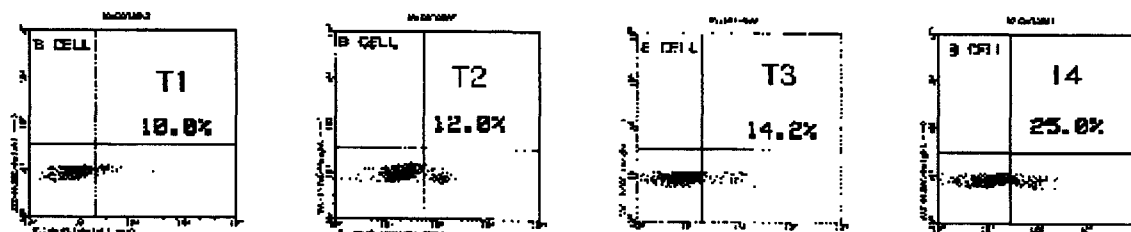


Fig. 4. Representative dot plot profiles of chicken peripheral blood lymphocytes(PBL) using monoclonal antibody specifically reactive with chicken B cell antigen. T₁, T₂, T₃, T₄ : Refer to the Fig. 1.

는 α -tocopherol 첨가가 세포매개성 면역반응을 향상시키지만 α -tocopherol이 결핍되면 T 세포 의존성 항원에 대한 항체반응이 저하되고, 셀레늄이 결핍되면 더욱 악화되

었다는 보고 (Meydani와 Blumberg, 1989)에 비추어 볼 때 본 연구에서 T₄ 구의 CD4 양성세포 증가는 α -tocopherol과 셀레늄 급여로 인한 것으로 사료된다.

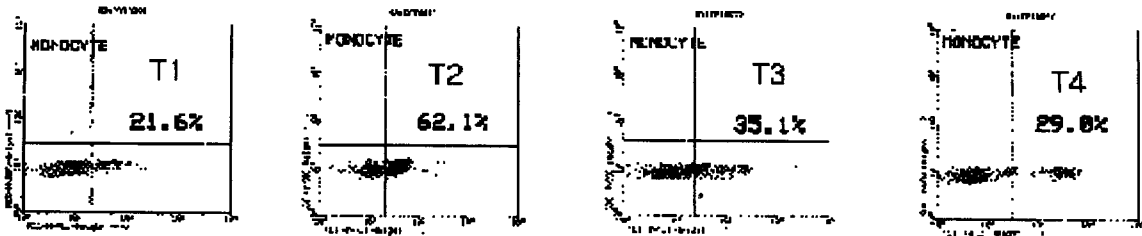


Fig. 5. Representative dot plot profiles of chicken peripheral blood leukocytes using monoclonal antibody specifically reactive with chicken monocyte antigen. T₁, T₂, T₃, T₄ : Refer to the Fig. 1.

항체를 생성함으로써 체액성 면역반응에 중요한 역할을 하는 B 세포는 모든 시험구 (T₂, T₃, T₄)가 일반사료를 급여한 대조구 (T₁)에 비하여 시험사료를 급여한 후 4주와 8주가 경과할 때 2배 이상이 증가하였다. 또한, 외래항원에 대한 탐식작용을 함으로써 일차 면역반응에 관여하는 monocyte 분포율도 모든 시험구는 대조구에 비하여 증가하였는데 그 중 T₃ 구가 가장 많이 증가하였다. MHC-class II와는 달리 시험구에서 CD4 molecule 발현의 증가는 면역기능의 활성화로 설명할 수 있다. 즉, helper T cell의 기능이 생체내의 다양한 세포들의 기능 전반에 걸쳐 도움을 주는 역할을 하는데, 아마종실 및 항산화제의 급여를 통하여 증가된 이들 세포로 인하여 이 세포들로부터 유리되는 interleukin- Π 를 비롯한 다양한 cytokine이 이차적으로 monocyte의 기능을 활성화시키고 아울러 B 림프구의 항체 생성에도 영향을 주는 것으로 사려된다. 이와 같은 결과는 사료에 α -tocopherol을 첨가하면 체액성 기능과 탐식세포 기능이 증가하였다는 보고 (Meydanin과 Blumberg, 1989)와 n-3 계열의 PUFA가 풍부한 사료를 산란계에 급여시 일차 항체반응이 유의적으로 향상되었고 (Fritsche 등, 1991a), 생쥐에 필수지방산이 결핍된 사료를 급여하면 몇 주내에 체액성 면역반응이 유의적으로 감소되었으며 IgM과 IgG 반응에 영향을 미친다는 보고 (Johnstone 등, 1988)에 비추어 볼 때 아마종실 및 항산화제가 이들 세포의 발현에 매우 중요한 역할을 하는 것으로 사려된다.

이상의 시험결과를 종합하여 볼 때 다가불포화지방산 함량이 많은 아마종실 급여는 세포성 면역반응을 유도하기 보다는 체액성 면역반응과 탐식작용 등을 하는 일차면역세포의 발현에 매우 중요한 영향을 미치며 이러한 면역반응을 보다 최적의 조건으로 유지하기 위해서는 α -tocopherol을 배합사료에 추가로 급여하는 것이 가장 좋은 효과를 나타낼 수 있을 것으로 사료된다.

적 요

육계를 13주간 사육하면서 5주령부터 시험사료를 급여한 후 세포표면항원의 발현에 미치는 영향을 측정하기 위하여, 아마종실과 항산화제를 첨가하지 않은 대조구(T₁), 아마종실만을 첨가한 사료(T₂), 아마종실과 α -tocopherol을 첨가한 사료(T₃), 아마종실에 α -tocopherol과 셀레늄을 첨가한 사료(T₄)를 육계에 급여한 바 면역반응에 미치는 영향은 다음과 같았다.

1차 면역에 관여하는 monocyte 군은 시험사료의 급여기간이 증가할수록 T₁에 비하여 T₂, T₃, T₄ 구에서 유의적으로 증가하는 경향을 보였는데 그중 T₂ 구와 T₃ 구에서 많이 증가되었다. B세포는 시험사료의 급여기간보다는 급여사료에 따라 증가하였는데, T₂, T₃, T₄ 구는 T₁ 구에 비하여 2배 이상 증가하였다. CD4 양성반응(T helper cell)과 CD8 양성세포(T cytotoxic/suppressor cell)는 T₂, T₃, T₄ 구는 T₁ 구보다 증가하였으나 사료에 따라 일정한 차이는 없었다. MHC class II는 시험사료의 종류나 급여기간에 따라 차이는 없었다.

(색인어: 육계 · 단핵구세포, B세포, CD⁺세포, CD8⁺세포, full-fat flax seed, α -토코페롤, 셀레늄)

인용문헌

- Barzanti V, Battino M, Baracca A, Cavzzoni M, Cocchi M, Noble R, Maranesi M, Turchetto E, Lenaz G 1994 The effect of dietary lipid changes on the fatty acid composition and function of liver, heart and brain mitochondria in the rat at different ages. Br J Nut 71:193-202.
- Behme MT 1996 Dietary fish oil enhances insulin

- sensitivity in miniature pigs. *Nutr* 126:1549–1553.
- Born W, Happ MP, Dallas A 1990 Recognition of heat shock proteins and cell function. *Immunol Today* 11:40–43.
- Brenner RR 1984 Effect of unsaturated acids on membrane structure and enzyme kinetics. *Progress in Lipid research* 23:69–96.
- Chan MM, Chen CH, Ager LL, Cooper MD 1988 Identification of the avian homologues of mammalian CD4 and CD8 antigens. *J Immunol* 140:2133.
- Clever H, Machugh ND, Bensaid A et al 1990 Identification of a bovine surface antigen uniquely expressed on CD4/CD8–negative T cell receptor T lymphocytes. *Eur J Immunol* 20 :809–815.
- Davis WC, Hamilton MJ, Park YH, et al 1990 Ruminant leukocyte differentiation antigens, and cytokines in animals and birds. *Monographs in animal Immunol* 1:17–70.
- Fritsche KL, Cassity NA 1992b Dietary n–3 fatty acids reduce antibody–dependent cell cytotoxicity and alter eicosanoid release by chicken immune cells. *Poult Sci* 71:1646–1657.
- Fritsche KL, Cassity NA, Huang SC 1991a Effect of dietary fat source on antibody production and lymphocyte proliferation in chickens. *Poult Sci* 70:611–617.
- Hardard' ottir I, Whelan J, Kinsella JE 1992 Kinetics of tumour necrosis factor and prostaglandin production by murine resident peritoneal macrophages as affected by dietary n–3 polyunsaturated fatty acids. *Immunol* 76:572–577.
- Johnston RB 1988 Monocytes, macrophages. *N Engl J Med* 318:747.
- Ledger C, Fremont L, Alessandri JM, Christon R, Linard A 1987 Do essential fatty acids have a specific structural modulating membrane function? *Cahiers de Nutrition et de Di t tique* 220, 105–115.
- Marsh JA, Dietert RR, Combs GF 1981 Influence of dietary selenium and vitamin E on the humoral immune response of the chick. *Proc Soc Exp Biol Med* 66:228–236.
- Marsh JA, Dietert RR, Combs GF Jr 1982 Effects of dietary deficiencies of vitamin E and selenium on the primary lymphoid organs of the chick. *Fed Proc* 41:341. (Abstr.)
- May CL, Southworth AJ, Calder PC 1993 Inhibition of lymphocyte protein kinase C by unsaturated fatty acids. *Biochem Biophys Res Commun* 195 :823–828.
- Meydani SN, Yogeewaran G, Liu S, et al 1988 Fish oil and tocopherol–induced changes in natural killer cell mediated cytotoxicity and PGE₂ synthesis in young and old mice. *J Nutr* 118:1254
- Meydani SN and Blumberg JB 1989 Nutrition, immune function in the elderly. In *Nutrition aging and Elderly*, HN Munro and DE Danford, eds. New York Plenum Publishing 61–87.
- Meydani SN, Endres S, Woods MM, Goldin BR, Soo C, Morrill–Labrode A, Dinarello CA and Gorbach SL 1991 Oral n–3 fatty acid supplementation suppresses cytokine production and lymphocyte proliferation: comparison between young and older women. *J Nutr* 121:547–555.
- Opmeer FA, Adolfs MJP, Bonta IL 1984 Regulation of prostaglandin E₂ receptors in vivo by dietary fatty acids in peritoneal macrophages from rats. *J Lipid Res* 25:262–268.
- Stubbs CD, Smith HD 1984 The modification of mammalian membrane polyunsaturated fatty acid composition in relation to membrane fluidity and function. *Biochimica et Biophysica Acta* 779:89–137.
- Wong SH, Nestel PJ, Tribble RP, Storer GB, Illman RJ, Topping DL 1984 The adaptive effects of dietary fish and safflower oil on lipid and lipoprotein metabolism in perfused rat liver. *Biochimica et Biophysica Acta* 792, 103–109.