

## 사료내 $\beta$ -glucanase활성 강화 고역가 복합효소제 첨가급여가 착유우의 유생산 및 체세포수 변화에 미치는 영향\*

주 은 정\*\* · 정 수 진\*\* · 윤 병 선\*\* · 남 기 택\*\*  
최 일 신\*\* · 안 중 호\*\* · 황 성 구\*\*\*

### The Effects of Dietary Enzyme Mixture Reinforced with $\beta$ -Glucanase Activity on Milk Production and the Change of Somatic Cell Count in Lactating Dairy Cows

Joo, Eun-Jung · Yoon, Byung-Seon · Nam, Ki-Taek · Choi, Il-Shin  
Ahn, Jong-Ho · Hwang, Seong-Gu

In recent years, many researches are actively undertaken for environmental-friendly animal production according to the increased understanding about food safety because of the outbreak of various diseases such as mad cow disease, Foot and mouth disease and Poultry Influenza virus. However, high quality(higher safety)-animal production may not be successful without increasing of disease resistance of animal and the improvement of feeding environment. To increase the disease resistance is able to be accomplished by stimulating the immune function. The present study was undertaken to investigate the effects of enzyme mixture reinforced with  $\beta$ -glucanase activity which degrade polysaccharide to release  $\beta$ -glucan known as stimulator of immune function on the change of milk production and somatic cell count. After 12weeks of experimental feeding, milk production tended to be increased and somatic cell count was decreased from average  $227 \times 10^4$  to  $37.1 \times 10^4$ . Milk protein and solid-fat content were tended to increase but milk fat showed decreasing tendency by the feeding of enzyme mixture. All together, it has been suggested that the improvement of high quality milk production may be possible through the dietary addition of immune modulating enzyme mixture in lactating dairy cows.

\* 본 연구는 한경대학교 KRRC와 (주)한국효소의 연구지원비에 의해 수행되었으며 연구비 지원에 감사드립니다.

\*\* 한경대학교 농생명과학대학

\*\*\* 대표저자, 한경대학교 농생명과학대학

*Key Words : Immune modulation,  $\beta$ -glucanase, milk production, somatic cell count, high quality milk, dairy cow*

## I. 서 론

인류의 생존에 있어 동물성 단백질의 공급은 매우 중요하여 돈육, 우육 및 계육 등 육류 소비추세는 꾸준히 증가하고 있다. 하지만, 항생제를 사용하지 않고 축산물을 생산한다는 것은 매우 불가능한 현실이라고 생각될 만큼 우리나라의 축산물 생산은 항생제 의존도가 높은 것이 사실이다. 우리나라 축산물 생산농가의 사육시설은 여전히 낙후된 곳이 많고, 그로 인한 질병 발생을 억제하기 위하여 각종 생균제 또는 항생제를 사용하는 실정이다(2, 8, 9, 17).

최근, 대기를 포함한 토양 및 수질환경이 매우 오염되어 인류의 건강을 심각하게 위협하는 폐해가 발생하는 것이 보고되자 저농약 또는 무농약 농산물에 대한 인식도가 높아지고, 따라서 수요를 미처 따르지 못할 만큼 소비가 폭증하고 있다.

한편, 축산물도 예외는 아니어서 안전성 높은 축산물의 생산이 절실히 요구됨에 따라 유기적 축산물 생산에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이렇게 유기적 축산물 생산을 위해서는 사육가축의 환경 개선이나 항병력을 높이지 아니하고는 불가능하다고 할 수 있다(11, 13, 18). 따라서 여러 가지 종류의 미생물제제 또는 첨가제를 사용하고는 있으나, 그 경제성 및 효용성에 있어서는 실질적인 연구결과가 매우 부족한 실정이다(1, 6, 16). 유기축산물 생산에는 비교적 가능성이 높은 것이 조사료 의존도가 높은 낙농생산이라 할 수 있는데, 우리나라의 낙농산업은 최근 매우 빠른 속도로 발달하여 이스라엘, 덴마크 및 네덜란드의 낙농생산에 크게 뒤지지 않을 만큼 생산성이 향상된 농가도 많으나, 대부분의 농가가 선진 낙농국의 연간 9,000kg 이상의 유생산량에 비하면 약 6,000~7,000kg 정도로 아직도 낮은 편이다.

또한, 체세포수의 문제도 여전히 낙농가의 수익을 좌우하는 현상대로사항으로 남아있다(9, 16). 나아가, 급성 전염성 하리, 급만성 폐렴 등으로 인한 어린 송아지의 폐사율이 높아 낙농가의 막대한 손실을 초래하고 있는 현실이다(16, 20). 이러한 문제들을 근본적으로 해결하지 않고는 선진 낙농국과의 경쟁력에서는 항상 뒤질 수밖에 없는 실정이다.

최근, 베타글루칸은 자연 상태에서 포도당이  $\beta$ -1,3 화학 결합을 중심으로 중합된 다당류를 총칭하고(5), 비 특이적 면역 반응에 관여하며 소화기관내에 흡수 시 체내 면역기능을 획기적으로 증진시키는 것으로 알려져 있으며, 곡물, 버섯 및 효모의 세포벽 내에 존재하는 것으로 보고되었다(4).

베타글루칸은 특히 인간의 정상적인 세포조직의 면역기능을 활성화시켜 암세포의 증식

과 재발을 방지하고 면역세포의 기능을 활발하게 하는 인터페론과 인터루킨의 생성을 촉진시켜 간접적으로 암세포의 증식을 억제할 수 있다고 하였다(10, 19). 또한, 항콜레스테롤, 항산화, 면역증강 등과 같은 여러 가지 생리활성 촉진효과가 밝혀지고 있어서 건강식품 및 식품 첨가물로 이용이 증가되고 있으며(5, 17), 동물의 면역기능을 강화시키면서도 내성이 없는 천연면역조절제로서 주목을 받으면서 생균제 형태로 사용되는 사료첨가제로 응용되고 있다(4, 11, 12).

따라서 본 연구에서는 이러한  $\beta$ -Glucan을 생성시킬 수 있는 방법의 일환으로,  $\beta$ -Glucanase 활성을 강화시킨 고역가 복합효소제를 착유우 사료에 첨가 급여하여 사양시험을 실시하고 체세포수 및 유량생산의 변화 등을 조사하고자 한다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 실험동물

전북 김제 소재 안심목장에서 2003년 12월부터 2004년 2월까지 산차가 비슷한 착유우 39두를 임의로 선정하여 실험사료 급여 개시 전을 대조구로 하고 실험사료 급여 개시 후 12주간동안 Beta-Glucanase 활성 강화 고역가 복합효소제를 사료 내 0.3% 수준으로 급여하며 사양시험을 실시하였다.

### 2. 실험사료

한경대학교가 공동으로 작성하여 검토한 배합비를 이용하여 생산된 TMR 사료에 곡류의 소화를 돕는 효소와 면역기능을 강화시키는 것으로 알려진  $\beta$ -glucanase 활성을 강화시킨 복합효소제를 첨가하여 조제한 실험사료를 1일 두당 약 28kg씩 급여하였다. 실험 사료의 조성 및 영양소 함량은 Table 1과 2에 각각 나타내었다.

Table 1. The composition of experimental diet.

Ingredients	%
Concentration for lactation cow	35.0
TMR for high quality milking cow	6.9
Wet TMR for high quality milking cow	38.4
Alfalfa bale	5.3

Ingredients	%
Straw of tallfesque	6.9
Chinese hay	6.9
Sodium hydrogen carbonate	0.3
Enzyme mixture 0.3%*	0.3

\* Enzyme mixture

Enzyme activity	Unit (u/g)
Glucoamylase activity	28,634.12
Xylanase activity	387.58
Phytase activity	0.42
Lipase activity	14.23
Cellulase activity	12,976.33
Protease activity	238.53
$\beta$ -glucanase activity	9,793.19

- \* Glucoamylase activity 정의 : 1U는 표준분석 조건 하에서 1시간당 황원당으로서 glucose 1mg을 생성하는 효소의 양이다.
- \* Xylanase activity 정의 : 1U는 표준분석 조건하에서 1분간에 Xylan으로부터 1 $\mu$ mol을 유리시키는 효소의 양으로서 표시한다.
- \* Phytase activity 정의 : 1U는 표준분석 조건하에서 1분간에 Sodium Phytate로부터 1 $\mu$ mol의 무기태인을 유리시키는 효소의 양으로서 표시한다.
- \* Lipase activity 정의 : 1U는 표준분석 조건하에서 1분간에 1 $\mu$ mol의 지방산을 유리시키는 효소의 양으로서 표시한다.
- \* Cellulase activity 정의 : 1U는 표준분석 조건하에서 1분에 1 $\mu$ g의 glucose equivalent를 유리시키는 효소의 양으로서 표시한다.
- \* Protease activity 정의 : 1U는 표준분석 조건하에서 1분간에 생성되는 티로신의  $\mu$ g수로서 표시한다.
- \*  $\beta$ -glucanase activity 정의 : 1U는 표준분석 조건하에서 분당 1 $\mu$ g의 glucose를 생성하는 효소의 양이다.

Table 2. The chemical composition of experiment diet.

Item	%
Moisture (DM base, %)	19.0
Crude Protein (DM base, %)	17.8
Crude Fat (DM base, %)	5.1
Crude Fiber (DM base, %)	16.7
Nitrogen Free Extract (DM base, %)	38.3
Crude Ash (DM base, %)	3.1
Net Energy for Lactation	1.62Mcal/kg
Ca (DM base, %)	1.01%
P (DM base, %)	0.52%

### 3. 분석항목

#### 1) 산유량

총 12주의 실험 기간 동안 공시된 유우별로 유생산량을 매일 측정하여, 평균값을 구하였다.

#### 2) 유 성분 분석

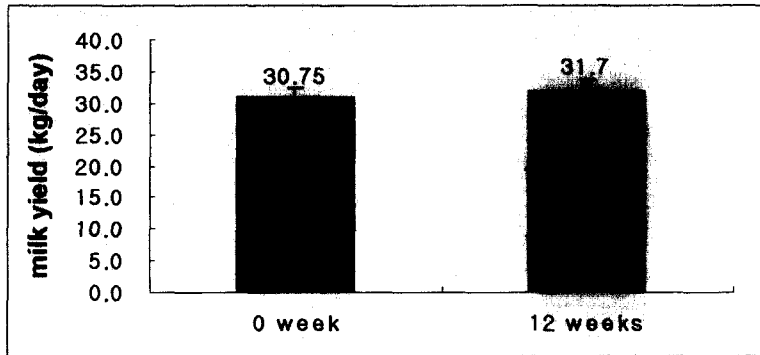
체세포수, 유단백질, 유지방, 유지 고형분, MUN 등을 측정하였는데, 매주 1회씩 12주 우 유 샘플을 취하였고, 관을 통과하며 유성분을 현미경으로 찍어 분석하는 우유 자동 분석 장치인 Milko-Scan(Foss Electric, Denmark)를 활용하여 측정하였다.

### 4. 통계 분석

본 실험에서 얻어진 결과에 대한 통계 분석은 Pharmacology의 student *t*-test를 이용하였다.

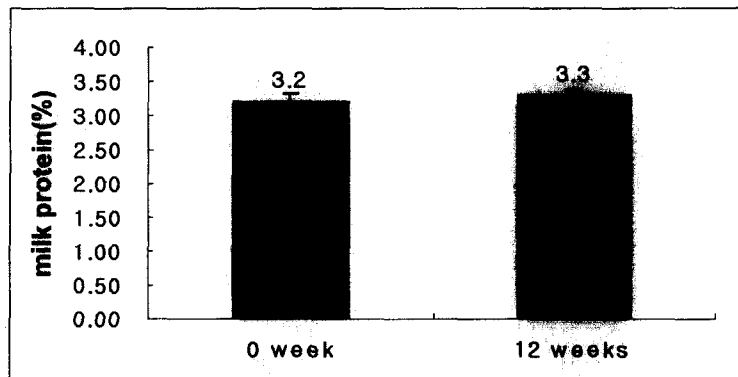
## Ⅲ. 결과 및 고찰

면역강화 고역가 복합효소제를 착유우 사료에 첨가하여 급여했을 때 착유우에 미치는 영향을 조사하기 위해 고역가 복합효소제 급여군(0.3%)과 무 첨가군 두 군을 각각 설정하여 각 12주간동안 사양실험을 실시한 결과, 유생산량은 30.75kg에서 31.7kg으로 증가하였고 (Figure 1), 유단백의 적정 수치는 비유 주기별로 다르나 보통 3.1~3.5를 적정 범위로 정하고 있는데, 유단백지수가 3.2%에서 3.3%로 증가하는 경향을 나타내었으며(Figure 2), 전체 착



Value represent mean  $\pm$  SE

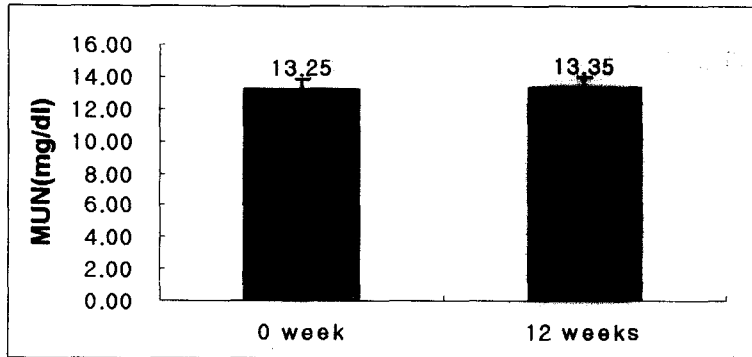
Figure 1. The effects of dietary enzyme mixture reinforced with  $\beta$ -glucanase activity on milk yield in lactating dairy cow.



Value represent mean  $\pm$  SE

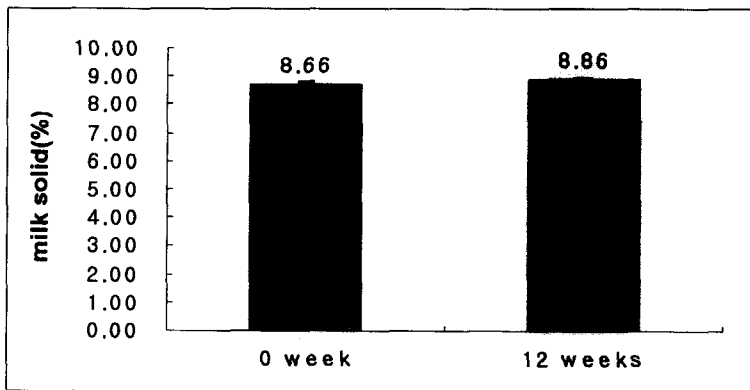
Figure 2. The effects of dietary enzyme mixture reinforced with  $\beta$ -glucanase activity on milk protein content in lactating dairy cow.

유우군의 평균 MUN 수치가 12~18mg/dL이면 단백질이 부족하지 않고 에너지가 과잉되지 않는 적절한 수치로 알려져 있는데, 본 연구에서 MUN은 13.25에서 13.35mg/dL로 변화하였다(Figure 3). 전유중의 고형물은 12~13%가 이상적인 것으로 생각되지만, 이번 시험에서 나타난 유지 고형분은 8.66%에서 8.86%로 0.2% 증가하는데 그쳤으며(Figure 4), 복합효소제 첨가에 의한 개선효과는 통계적인 유의차가 없었다.



Value represent mean  $\pm$  SE

Figure 3. The effects of dietary enzyme mixture reinforced with  $\beta$ -glucanase activity on milk unbound nitrogen concentration in lactating dairy cow.

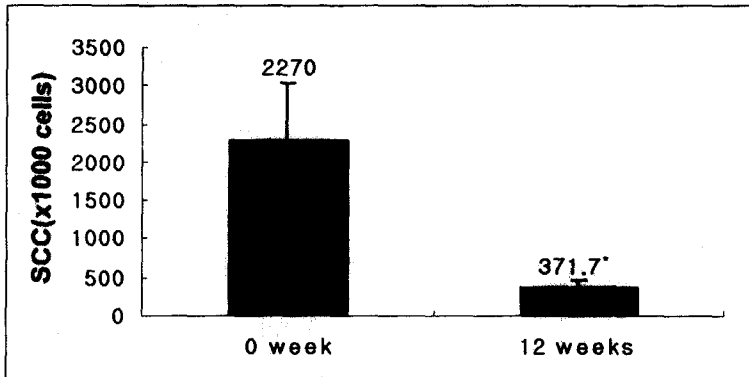


Value represent mean  $\pm$  SE

Figure 4. The effects of dietary enzyme mixture reinforced with  $\beta$ -glucanase activity on milk solid content in lactating dairy cow.

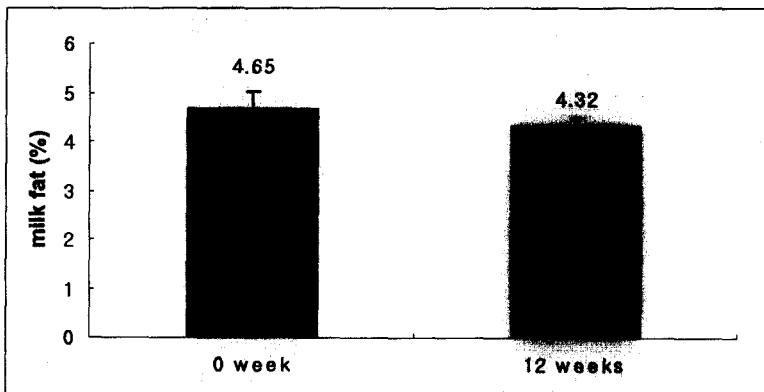
반면, 체세포수는 시험사료 급여 전 월평균 227만에서 시험사료 급여 후 37만으로 유의한 감소를 나타내었는데(Figure 5), 본 실험에서 사용된 복합효소제의 높은  $\beta$ -glucanase 활성에 의해 소화과정 중  $\beta$ -glucan 생성이 증가하고, 이로 인한 면역 증강 효과가 유도된 결과에 기인하는 것으로 사료되었다. Davis(2004) 등은, 귀리로부터 추출 분리한  $\beta$ -glucan은 선천성 면역기능을 증가시켰다고 보고하였고, Estrada(1999) 등에 의하면,  $\beta$ -glucan은 거세 비육우의 면역 증강 효과가 나타났다고 보고하였다. 또, Inchaisri(2000) 등은 건유기 소의 유방에 영향을 주어 적혈구와 immunoglobulin을 증가시킨다고 보고하였다. 이러한 보고들은 본 실험의 결과와 일치하였으며,  $\beta$ -glucanase 활성을 강화시킨 복합효소제 급여에 대한 면역기능 강화 가능성을 뒷받침해 주고 있다. 한편, 유지율은 4.65%에서 4.32%로 다소 감소하는 경

향을 보였으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다(Fig. 6). 본 연구에서 면역강화 고역가 복합효소제 첨가에 의하여 체세포수가 6배 이상 감소함으로써 낙농가에 있어 우유 등급에 가장 영향을 많이 미치는 원유의 등급향상으로 인한 추가적인 수익에 커다란 도움이 될 것으로 판단된다.



Value represent mean ± SE  
 \* differ significantly (p<0.05)

Figure 5. The effects of dietary enzyme mixture reinforced with β-glucanase activity on somatic cell count in lactating dairy cow.



Value represent mean ± SE

Figure 6. The effects of dietary enzyme mixture reinforced with β-glucanase activity on milk fat content in lactating dairy cow.

한편, 안(2003) 등에 의하면, 착유우 사료에 fibrolytic enzyme 첨가 시 유성분의 변화보다 유량의 증가 효과가 나타났으며, enzyme 첨가에 따라 전반적으로 NDF 소화율이 다소 증가



하는 경향을 보였다고 보고하였으나 본 연구에서는 고역가 복합효소제 급여에 의한 유량 뿐 만 아니라 유성분에도 변화를 가져오는 것으로 나타났다. 김(2002) 등은 전환기 젖소에 사료첨가제를 급여하면 사료섭취량 및 산유량 증가와 더불어 대사성질병 발생이 저하될 것이라고 보고하였는데, 본 연구에서 사용된 면역강화 고역가 복합효소제를 전환기 젖소에 하여도 같은 결과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

이상의 결과로부터 본 연구에서 사용된  $\beta$ -glucanase 활성을 강화시킨 고역가 복합효소제를 사료 내 첨가 급여했을 때 착유우의 유량이나 유성분에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 사료되었다.

#### IV. 적 요

최근 광우병 및 구제역 등의 질병발생에 따른 축산물의 안전성에 대한 소비자들의 인식이 고조되어 친환경적 축산물 생산에 대한 관심이 높아짐에 따라 유기적 축산물 생산에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 유기적 축산물 생산을 위해서는 환경 개선이나 사육가축의 항병력을 높이지 아니하고는 불가능하다 할 수 있겠다. 특히 항병력을 높이기 위해서는 면역기능을 강화하는 것은 매우 중요하다.

본 연구에서는 면역기능을 강화시키는 것으로 알려진 베타 글루칸을 생성시키는  $\beta$ -glucanase 활성을 강화시킨 복합효소제를 급여하여 12주간의 사양실험을 실시한 결과 유생산량은 30.75kg에서 31.70kg으로 증가하는 경향으로 나타났고, 체세포수는 평균  $227 \times 10^4$ 에서 평균  $37.1 \times 10^4$ 개로 유의하게 감소하였다. 유단백과 유지고형분, MUN은 모두 증가하는 경향을 보인 반면, 유지율은 감소하는 경향을 보였다.

이상에서와 같이  $\beta$ -glucanase 활성을 높임으로서 면역기능을 강화시킨 고역가 복합효소제를 착유우 사료내 0.3% 첨가 급여한 결과 유생산량이 증가하였고 체세포수는 유의하게 감소함으로써 낙농생산성 향상 및 고급유 생산의 가능성이 시사되었다.

[논문접수일 : 2004. 4. 11. 최종논문접수일 : 2004. 6. 15.]

#### 참 고 문 헌

1. 김재황 · 김창현 · 고영두. 2001. 복합 생균제(Economix)의 사료내 첨가가 착유우의 생산성 및 경제성에 미치는 영향. 한국동물자원과학회지 43(3) : 369-380.

2. 김종수 · 최민철 · 김근섭 · 강호조 · 하대식 · 손성기 · 이종민 · 박일권 · 허정호 · 이주홍 · 안동원. 1998. 동물(젖소) 건강 Monitoring system 모델 개발-1. 경남 지역에서 우유 내 항생제잔류에 영향을 미치는 인자에 대한 역학적 평가. 축산진흥연구소보.
3. 김현섭 · 정하연 · 이현준 · 기광석 · 조용민 · 안병석 · 이성실. 2002. 전환기 젖소의 사료 첨가제 급여가 사료섭취량, 산유량 및 대사성장에 발생에 미치는 영향. 한국동물자원과학회.
4. 박정훈 · 강만식 · 김홍일 · 정봉현 · 이관호 · 문원국. 2003. 효모 변이주 *Saccharomyces cerevisiae* IS2 세포벽 유래의 베타 글루칸 면역활성능에 관한 연구. KOREAN J. FOOD SCI. TECHNOL 35(3) : 488-492.
5. 서형필 · 김지모 · 신현동 · 김태권 · 장희정 · 박복련 · 이진우. 2002. *Aureobasidium pullulans* SM-2001에 의한  $\beta$ -1,3/1,6-glucan의 생산. Korean J. Biotechnol. Bioeng. 17(4) : 376-380.
6. 송만강 · 손호진. 1997. 반추가축영양 : 효모사료의 급여가 젖소의 유생 산성에 미치는 효과. 한국동물자원과학회(구 한국축산학회).
7. 안종호 · 김연정 · 김현진. 2003. Fibrolytic Enzyme 첨가가 반추위 발효 정상 및 착유우의 유량 및 유성분에 미치는 영향. 한국동물자원과학회.
8. 홍종욱 · 김인호 · 황일환 · 이지훈 · 김지훈 · 권오석 · 이상환. 2003. 단위가 축영양 : 이 유자돈사료에 항생제를 대체하기 위한 재조합 인간 락토펠리 신 킬처의 평가. 한국동물자원과학회.
9. Bennedsgaard TW, Enevoldsen C, Thamsborg SM, Vaarst M. 2003. Effect of mastitis treatment and somatic cell counts on milk yield in Danish organic dairy cows. J Dairy Sci. Oct ; 86(10) : 3174-3183.
10. Davis J. M., Murphy E. A., Brown A. S., Carmichael M. D., Ghaffar A., Mayer E. P.. 2004. Effect of moderate exercise and oat beta-glucan on innate immune function and susceptibility to respiratory infection. Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol. Feb ; 286(2) : R366-372.
11. Estrada A., van Kessel A., Laarveld B.. 1999. Effect of administration of oat beta-glucan on immune parameters of healthy and immunosuppressed beef steers. Can J Vet Res. Oct ; 63(4) : 261-268.
12. Estrada A., Yun C. H., Van Kessel A., Li B., Hauta S., Laarvel B.. 1997. Immunomodulatory activities of oat beta-glucan in vitro and in vivo. Microbiol Immunol 41(12) : 991-998.
13. Guyton A. D., McKinney J. M., Knowlton K. F.. 2003. The effect of steam-flaked or dry ground corn and supplemental phytic acid on phosphorus partitioning and ruminal phytase activity in lactating cows. J Dairy Sci. Dec ; 86(12) : 3972-3982.

14. Hristov A. N., McAllister J. A., Cheng K. J.. 2000. Intraruminal supplementation with increasing levels of exogenous polysaccharide-degrading enzymes: effects on nutrient digestion in cattle fed a barley grain diet. *J Anim Sci.* 78(2) : 477-487.
15. Hristov A. N., Ropp J. K.. 2003. Effect of dietary carbohydrate composition and availability on utilization of ruminal ammonia nitrogen for milk protein synthesis in dairy cows. *J Dairy Sci.* 86(7) : 2416-2427.
16. Holtenius K., Persson Waller K., Essen-Gustavsson B., Holtenius P., Hallen Sandgren C. 2004. Metabolic parameters and blood leukocyte profiles in cows from herds with high or low mastitis incidence. *Vet J.* 168(1) : 65-73.
17. Inchaisri C., Waller K. P., Johannisson A. 2000. Studies on the modulation of leucocyte subpopulations and immunoglobulins following intramammary infusion of beta 1,3-glucan into the bovine udder during the dry period. *J Vet Med B Infect Dis Vet Public Health.* 47(5) : 373-386.
18. Leitner G., Eligulashvily R, Krifudcs O. Perl S., Saran A. 2003. Immune cell differentiation in mammary gland tissues and milk of cows chronically infected with *Staphylococcus aureus*. *J Vet Med B Infect Dis Vet Public Health.* 50(1) : 45-52.
19. Miura T., Ohno N., Miura N. N., Adachi Y., Shimada S., Yadomae T. 1999. Antigen-specific response of murine immune system toward a yeast beta-glucan preparation, zymosan. *FEMS Immunol Med Microbiol* 24(2) : 131-139.
20. Nielsen B. H., Jacobsen S., Andersen P. H., Niewold T. A., Heegard P. M. 2004. Acute phase protein concentrations in serum and milk from healthy cow, cows with clinical mastitis and cows with extramammary inflammatory conditions. *Vet Rec.* 154(12) : 361-365.