

β -Glucan 제제들이 산란계의 생산성, 혈액 성상과 소장내 미생물 균총 및 면역 체계에 미치는 영향

박광월¹ · 이아름¹ · 이인영² · 김미경² · 백인기^{1,†}

¹중앙대학교 산업과학대학 동물자원과학과, ²㈜ 더멋진바이오텍

Effect of Various β -1,3-glucan Supplements on the Performance, Blood Parameter, Small Intestinal Microflora and Immune Response in Laying Hens

K. W. Park¹, A. R. Rhee¹, I. Y. Lee², M. K. Kim² and I. K. Paik^{1,†}

^{*}Department of Animal Science and Technology, College of Industrial Science, Chung-Ang University,

²DMJ Biotech Corp.

ABSTRACT This study was conducted to investigate the effect of feeding diets supplemented with β -glucan products on the performance, small intestinal microflora and immune response in laying hens. The β -glucan products used in the experiment were BetaPolo[®]; soluble β -glucan of microbial cell wall origin, HiGlu[®]; microbial cell wall origin, OGLu[®]; oat origin, BGlu[®]; barley origin. A total of 720 Hy-Line Brown laying hens of 40wks old were divided into 5 dietary treatments: T1; Control(C), T2; BetaPolo[®], T3; HiGlu[®], T4; OGLu[®], T5; BGlu[®]. Each treatment was replicated 4 times with 36 birds/replicate housed in 2 bird cages, and arranged according to completely randomized block design. Feeding trial lasted 40ds under 16 h lighting regimens. There were significant differences among treatments in hen-house egg production feed intake and feed conversion. HiGlu treatment was significantly higher than OGLu treatments in hen-house egg production. β -glucan supplemented treatments were lower than the control in feed intake and feed conversion ratio. All β -glucan supplemented treatments were significantly higher than the control in eggshell strength. Eggshell color and Haugh unit tended to be lower in the supplemented group than the control. IgY concentration was not significantly affected by treatments. At 5th week of experiment, however, IgY concentration tended to increase in the supplemented groups. Among the leucocytes parameters, WBC, heterophil, lymphocytes, monocyte and eosinophil concentration were lower in the supplemented groups than those of the control. Among erythrocytes, HCT(hematocrit) and MCV(mean corpuscular volume) were significantly affected by treatment. MCV of supplemented groups were higher than that of the control. Immunoglobulin concentrations in the birds were not significantly different among treatments. However, IgA concentration tended to be low in the supplemented groups than the control. The cfu of small intestinal microflora were not significantly different among treatments, but that of *Cl. perfringens* tended to be lower than the control. The result of this experiment indicated that feeding β -glucan to laying hens improve feed conversion ratio and eggshell strength. Also intestinal microflora and immune responses are modified.

(Key words : β -glucan, Immunoglobulin, microbial β -glucan, oat β -glucan, barley β -glucan, layer)

서 론

축산업이 집단 사육 형태로 규모화 되어감에 따라 질병 원인체에 노출될 가능성과 질병 전파의 위험성이 더욱 높아지게 되었으며, 이에 따라 질병을 예방 치료하기 위한 약제의 집중적인 사용이 증가하였다(Anadon et al., 1999). 이러한 질병 감염의 위험성으로부터 가축을 배제시키기 위하여 백

신 집중 및 항생제의 사료내 첨가 등의 방법이 사용되어왔으나, 육제품 내의 항생제 잔류 문제와 함께 항생제 내성균에 대한 관심이 높아지면서(Kunin, 1993; Cassell, 1995) 가금 산업에서 항생제 대체 물질 개발에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다(Vanbelle, 1989). 국내에서도 사료 첨가용 허용 항생제가 2004년에 53종에서 25종으로 축소되었고, 2007년 12월부터는 다시 18종으로 사용이 축소되었다. 2012년까지

[†] To whom correspondence should be addressed : ikpaik@cau.ac.kr

는 항콕시듐제를 제외한 성장 촉진용 항생제의 사용을 전면 금지된다고 하였다. 그러므로 최근에는 항생제를 대체하기 위하여 생체 면역을 전체적으로 증가시켜 질병 원인에 대한 생체 방어능 향진을 유도할 수 있는 비특이성 면역 증강제에 대한 개발이 이루어 지고 있다(Yoo et al., 2001).

특히, 인간 및 동물에 있어 면역 증강 효과가 증명된 β -glucan에 많은 관심이 집중되고 있다. Glucan이란 포도당이 수십-수백 개가 연결된 고분자로서 α 와 β -glucan으로 나누어진다. 밀가루의 전분이나 텍스트린 등은 α -glucan이고, β -glucan은 β -(1,3), β -(1,4), β -(1,6) 등이 있다. β -1,4-glucan으로 는 종이의 구성 물질인 셀룰로오스를 들 수 있는데 β -glucan 이라고 모두 면역 활성 효능이 있는 것은 아니며 오직 β -1,3- glucan만이 항암, 면역 증강 작용을 나타낸다고 보고하였다(Bohn and Bemiller, 1995). 최근 병아리 사료에 β -glucan 을 면역 조절제로서 첨가하면 *Salmonella*를 예방할 수 있다고 하였다(Lowry et al., 2005).

다양한 면역 활성 기능을 가지고 있는 β -glucan 제제 중 미생물 발효시 세포밖으로 분비되는 β -1,3-glucan(Shim et al., 2002; Kim et al., 2003) 2종, 귀리에서 유래된 β -glucan 및 보리에서 유래된 β -glucan 4종의 제제를 가지고 산란계의 생산성과 면역 기능에 미치는 효과를 검증하여 β -1,3-glucan 이용을 위한 기초 및 응용 자료를 제공하고자 사양 실험을 실시하였다.

재료 및 방법

1. 시험 사료

기초 사료는 NRC 사양 표준(1998)에 준하여 CP 18%, ME 2,800 kcal/kg, Ca 3.5~4.0%인 시판용 산란계 사료(Table 1)를 사용하였다. 시험에 사용한 처리별 β -glucan은 Table 2에 나타내었다. Beta-glucan이 사료 kg당 5 mg씩 함유되도록 기초(대조구) 사료에 BetaPolo[®], HiGlu[®], OGLu[®], BGlu[®]를 첨가하여 배합하였다(Table 3). 첨가제의 양이 매우 소량이기 때문에 100배 희석하여 premix로 만든 후 기초 사료와 배합하였다. 대조구는 실험 종료시까지 기초 사료를 급여하고, 처리 2~5 사료는 4일에 한번씩 β -glucan을 함유한 사료를 급여하되 평일(3일간)은 대조구와 같은 기초 사료를 급여하였다.

2. 시험 설계 및 사양

시험 동물은 Hy-Line Brown 40주령 산란계 720수(5처리 × 144수)를 2단 2열 케이지에 수용하며 각 라인(2단 × 2열 = 4라인)을 반복하였다. 각 라인을 block(180수)으로 하고 처리당

Table 1. Formula and composition of basal diet.

Ingredients	Amount (%)
Corn (USA, No. 3)	57.687
Soybean meal-44%	24.436
Corn gluten	3.360
Animal fat	2.500
Limestone	9.772
Dicalcium phosphate	1.660
Salt	0.250
Lysine-78%	0.103
Methionine-99%	0.127
Choline-50%	0.050
HS-B(Premix) ¹	0.100
Total	100.000
Calculated composition	
ME (kcal/kg)	2,800
Crude protein (%)	18.00
Ca (%)	4.00
Available P (%)	0.40
Lysine (%)	0.90
Met + Cys (%)	0.70

¹ Contains per kg : vit A, 12,000,000 IU; vit D₃, 3,000,000 IU; vit E, 15,000 IU; vit K₃, 2000 mg; vit B₁, 1,500 mg; vit B₂, 4,000 mg; vit B₆, 3,000 mg; vit B₁₂, 15,000 mg; Ca-pantothenic acid, 8,000 mg; folic acid, 500 mg; oxyzero, 6,000 mg; niacin, 20,000 mg; biotin, 100 mg; I, 1,000 mg; Fe, 50,000 mg; Mn, 65,000 mg; Zn, 65,000 mg; Cu, 9,000 mg; Co, 100 mg; Se, 150 mg

36수씩(18케이지)씩 5처리(36×5=180)를 임의 배치 하였다. 물과 사료를 자유 채식시켰고 16 h light : 8 h dark 점등을 유지하였다. 첨가 사료 급여는 β -glucan의 소화 흡수 저해 기능의 최소화를 위하여 4일당 1회 급여(마리당 120 g)하였고 시험 기간은 8일(첨가 사료 급여 2회)을 1기(phase)으로 하여 총 5기로 40일간 사양 시험을 실시하였다.

3. 조사 항목 및 분석 방법

1) 산란율, 난중, 연파란율, 사료 섭취량, 사료 요구율, 생존율

산란율(hen-day egg production, hen-housed production), 평

균 난중, 연파란율은 매일 오후 4시에 측정하여 기간별 평균을 계산하였고 사료 섭취량(feed intake)은 기간(phase)당 1회 조사 하여 사료 요구율(feed conversion rate)은 [사료 섭취량, g / 100 g계란]으로 산출하였다. 생존율은 실험 전기간에 걸쳐 [(생존수 / 개시수)×100]으로 산출하였다.

2) 난각 강도, 난각색, 난황색, 난각 두께, Haugh unit 총 6회(0, 1, 2, 3, 4, 5 phase)에 걸쳐 기간당 1회씩, 회당 총 400개(반복당 20, 처리당 80)의 계란으로 난각 강도, 난각 두께, 난각색, 난황색, haugh unit 등의 품질 검사를 실시하였다. 난각 강도는 Texture Analyzer(Stable Micro System, UK)를 이용하여 실시하였고, 난각 두께는 Dial Pipe Gauge(Model 7360, Mitutoyo Co, Kwasaki 213, Japan)를 이용해 측정하였다. 난각 색과 난황색은 Color Fan(egg shell; Samyang Co, Korea, egg yolk; Roche Co, Switzerland)을 이용해 측정하였다. Haugh unit는 HU formula(Eisen et al., 1962)에 기초해 난중(W ; g)과 농후 난백고(H;mm)(FHK 卵白測定臺, FHK Co., Japan)를 측정하여 $[100 \log(H - (1.7 \times W^{0.37}) + 7.57)]$ 의 공식에 의해서 계산하였다.

3) 난황내 IgY(Immunoglobulin Yolk)의 함량
난중, 난각 강도, 난각색, 난황색, 난백고를 측정 후 Hatta의 방법(Hatta et al., 1988, 1990)에 따라 paper tissue를 이용하여 난백을 제거하고 난황막을 분리한 난황을 mixing 한 후 1일 냉장 보관(2~8℃)하였다. 측정일에 난황 5 g을 증류수 5 mL(1:1)로 희석하고 30초 동안 homogenizer를 이용하여 균질화하였다. 그 다음 0.1% λ-carraginnan 20 mL(1:2, 4배 희석)을 넣어 30분간 정치, 10,000 rpm으로 15 min간 원심분리하여 수용성 부분(WSF)을 획득 한 다음 희석(1:20,000)하여 공시하였다. 난황 수용성 분획(WSF) 내 IgY의 농도는 sandwich ELISA방법을 이용하여 측정 계산 하였다. IgY standard reference 값은 Chicken IgY(Chicken IgY ELISA Kit ; Alpha-diagnostic. cat#6030)를 25, 50, 100, 250, 500, 1,000 ng/mL을 사용하여 작성하였다. 매 측정시 회귀 방정식을 사용하여 값을 환산하였다.

4) 혈액 성상 분석(적혈구, 백혈구)

사양 시험 종료 직후 총 40수(처리당 2수, 반복당 8수)의 심장에서 혈액 5 mL을 EDTA가 처리된 vacutainer에 2회 채혈 후 혈액 분석기(HEMACYTE ; OSI, Oxford Science, Inc)를 이용하여 혈액 분석(Leukocytes ; WBC, HE, LY, Erythroctes; RBC, Hb, HCT)을 실시하였고, HE값과 LY값을 이용하여 stress indicator를 측정하였다. 혈액 분석 후 1,500 rpm으로 30분간

원심분리(Sigma-4, Aldrich Corporation, ST. Louis, Missouri, USA)하여 순수 혈청만을 분리한 후 -50℃에 IgG, IgA 분석 시까지 냉동 보관하였다.

5) 혈청내 면역 성분(IgG, IgA) 측정

혈청 내 IgG, IgA의 농도는 Mancini(1965)에 의해 개발된 single radial immuno-diffusion test(RID test)법에 준하여 ELISA reader(Bio-Rad, #model-680, Hercules, California)에서 흡광도 450 nm로 측정하였다. IgG standard reference 값은 Chicken IgG (Koma Biotech. Co. Kr. ELISA chicken IgG core kit)를 1000, 200, 100, 50, 25, 12.5, 6.25, 3.12 ng/mL로 희석하여 작성하였다. 혈청 분석시 마다 각각의 회귀 방정식을 사용하여 값을 계산하였고, IgA standard refernce값도 Chicken IgA(Koma Biotech. Co. Kr. ELISA chicken IgA core kit)를 1,000, 200, 100, 50, 25, 12.5, 6.25, 3.12 ng/mL로 희석하여 작성하였다. 혈청 분석시 각각의 회귀 방정식을 이용하여 값을 계산하였다.

6) 장내 세균총 분석

시험 종료 후 총 40수(반복당 2수, 처리당 8수)를 도제한 후 ileocecal junction의 상부 10 cm부분 내에 있는 내용물을 멸균된 용기에 담아 분석 전까지 -50℃에 보관하였다. 채취한 장 내용물 1 g을 멸균된 15 mL test tube에 담고 멸균된 생리식염수 9 mL을 첨가하여 희석(10⁻¹)시킨 후 10⁻²~10⁻⁸까지 단계적으로 희석하였다. 세 종류의 희석된 샘플을 평판 도말시키고 혐기적(GasPack System, BBL Microbiology System, Becton Dickinson & Co., Cockeysville, MD 2130, USA) 또는 호기적으로 배양하였다. 선택 배지 및 배양 조건은 Table 4에 나타난 바와 같다. 배양 후 미생물의 수를 각 평판의 colony-forming unit(CFU)으로 계산 후 log₁₀으로 환산하였다.

4. 통계 처리

자료는 SAS(1995) Program의 GLM(General Linear Model) Procedure를 이용하여 분석하였으며, F-test 결과 유의성(P<0.05)이 있을 경우 처리구 평균간의 차이를 Duncan's multiple range test로 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 산란율, 사료 섭취량, 사료 요구율, 난중, 연파란율, 생존율

시험 산란계의 산란율, 사료 섭취량, 사료 요구율, 난중,

연과란율, 생존율을 Table 5에 요약하였다. Table에서 보는 바와 같이 산란율에 있어서 대조구에 비해 일계산란율, 생존율,

Table 2. Treatment of Experimental diets.

Treat-ment	Content	Source of β -glucan
T1	Control diet	-
T2	BetaPolo [®] (β -1,3-glucan 3%, DMJ Biotech. Korea)	Microbial cell1
T3	HiGlu [®] (β -1,3-glucan 50%, DMJ Biotech. Korea)	Microbial cell
T4	OGlu [®] (β -1,3-glucan 50%, Cevena. Canada)	Oat
T5	BGlu [®] (β -1,3-glucan 60%, Cevena. Canada)	Barley

¹ *Agrobacterium* species.

Table 3. Mixing formula of β -glucan products in the experimental diets.

Treatment	Formula
T1	Control diets
T2	28.8 mL / 17.28 kg ¹ (BetaPolo mL / basal diet, kg)
T3	1.73 g / 17.28 kg (HiGlu mg / basal diet, kg)
T4	1.73 g / 17.28 kg (OGlu mg / basal diet, kg)
T5	1.44 g / 17.28 kg (BGlu mL / basal diet, kg)

¹ Amount of feed for each treatment. Daily average consumption per treatment is 17.28 kg (144 birds \times 0.12 kg / bird).

Table 4. Media and culturing condition of microorganism.

Selective media	Mainly enumerated organisms	Incubation method	Incubation time (days)
MRS agar ¹	<i>Lactobacilli</i>	Aerobic condition	2
TSC agar ²	<i>Cl. perfringens</i>	Gas-pack system	1
MaConkey agar ³	<i>E. coli</i>	Aerobic condition	1

¹ *Lactobacilli* selective agar (Difco, USA).

² Tryptose sulfite cycloserine agar (Oxoid. co).

³ *E. coli* selective agar (Difco, USA).

난중, 연과란율은 처리간에 유의한 차이가 없었으나 hen-housed 산란율, 사료 섭취량 및 사료 요구율은 처리간 유의한 차이가 있었다($P < 0.05$). Hen-housed 산란율에 있어서 OGlu 구는 HiGlu 구와 대조구에 비해 유의적으로 감소하였으나 다른 처리구들과는 유의한 차이가 없었다. 사료 섭취량과 사료 요구율은 처리간에 유의한 차이가 있었다. 사료 섭취량은 대조구에 비해 β -glucan 처리구들이 낮았으며, 사료 요구율(feed conversion ratio)도 사료 섭취량과 같이 β -glucan 처리구들이 낮게 나타내었다. β -glucan은 식이성 섬유질의 하나이며 보리나 호밀과 같이 β -glucan 함량이 많은 사료를 섭취하면 장내 점성이 증가하고 소화율이 감소한다는 것은 잘 알려진 사실이다. β -glucan은 수용성 부분과 불용성 부분이 공존하는데 그 중 수용성 부분이 38~69%로 차지하고 있으며 (Marlett, 1991), 소장 내에서 전분, 단백질, 지질 등과 같이 흡수가 용이한 양분과 결합하여 둘러싸게 되므로 흡수를 저해하는 작용을 나타내며, 담즙산과 지질의 흡수를 방지 하고 세균에 의하여 발효되어 단쇄 지방산을 생성한다(Jung and Chang, 1995). 언급한 선행 연구에서와 같이 실험에 사용된 소량 첨가한 β -glucan도 소화율 감소를 나타내지만, 면역 기능 향상 및 난각 강도 개선의 순기능의 측면에서 사용하여야 된다고 사료된다.

난중은 처리간에 유의한 차이가 없었으나, 대조구에 비해 첨가구들 특히, HiGlu 처리구가 높은 경향치를 나타내었다.

2. 계란 품질

계란 품질 측정 결과는 Table 5에서 보여주고 있다. 표에서 보는 바와 같이 난각 강도는 대조구에 비해 모든 첨가구들이 유의적으로 증가하였고, 처리구 중 BGlu 처리구가 가장 높은 값을 나타내었다($P < 0.05$). 난각색 지수와 Haugh units는 처리구간에 유의한 차이가 있었는데 대조구에 비해 모든 처리구가 낮았지만 특히 OGlu 구가 가장 낮았다. 난황색 지수는 처리간에 유의적인 차이가 없었다.

난각 강도에 있어 모든 처리구가 대조구에 비하여 높은 수치가 나타난 것은 백색레그혼 산란계에 yeast β -glucan의 급여와 난품질에 대한 연구 (McKillop et al., 2006)에서 β -glucan은 뼈의 칼슘 동원을 저해하여 체내에 난각 형성에 이용할 수 있는 칼슘의 공급을 돕는다는 사실이 언급된 바 있어 이와 관련이 있을 것으로 사료된다.

3. 난황 IgY(Immunoglobulin Yolk) 함량

난황 WSF(Water soluble fraction) IgY의 기간별 결과를 Table 6에 나타내었다. 전체적으로 유의적인 차이는 없으나 5기에 가서 β -glucan 첨가구들에서 IgY 함량이 증가하며 대조

Table 5. Laying Performance of birds fed experimental diets for 40d

Item	Treatments ¹					SEM
	T1 Control	T2 BetaPolo	T3 HiGlu	T4 OGlu	T5 BGlu	
Performance						
Hen-day egg production (%)	90.21	89.23	91.01	87.53	88.66	0.942
Hen-housed egg production (%)	90.21 ^a	89.18 ^{ab}	91.01 ^a	86.74 ^b	88.66 ^{ab}	0.943
Liveability (%)	100	99.3	100	98.6	100	0.532
Egg weight (g)	63.65	64.31	68.06	64.67	64.36	1.640
Broken & soft egg (%)	0.07	0.24	0.11	0.17	0.20	0.079
Feed intake (g/day)	127.39 ^a	119.68 ^{ab}	114.97 ^b	113.17 ^b	113.94 ^b	3.208
Feed conversion (feed , g/100 g egg mass)	2.22 ^a	2.08 ^{ab}	1.91 ^b	2.05 ^b	2.00 ^b	0.056
Egg quality						
Egg shell strength (g/egg)	3082.2 ^c	3441.1 ^{ab}	3401.6 ^{ab}	3312.4 ^b	3544.4 ^a	56.146
Egg shell thickness (mm)	40.10	40.37	40.59	40.21	40.57	0.251
Egg shell color	12.13 ^a	11.55 ^{ab}	11.68 ^{ab}	11.43 ^b	11.44 ^b	0.188
Egg yolk color	8.93	8.74	8.68	8.72	8.73	0.086
Haugh unit	85.16 ^a	83.55 ^{ab}	84.16 ^{ab}	82.61 ^b	84.33 ^{ab}	0.640

¹ Refer Table 2 for the detailed explanation of treatment.

^{a~c} Means with the different superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

Table 6. IgY concentration of eggs laid by experimental birds.

Phase	Treatment ¹					SEM
	T1 Control	T2 BetaPolo	T3 HiGlu	T4 OGlu	T5 BGlu	
	----- mg/g yolk -----					
0	4.67	3.67	3.79	3.61	3.62	0.080
1	5.23	5.09	3.53	4.47	4.74	0.667
2	4.26	6.02	4.21	3.42	5.00	0.970
3	5.39	4.46	5.35	5.17	6.74	1.302
4	5.80	5.11	5.41	5.25	5.66	0.663
5	5.79	7.27	7.99	6.27	6.96	0.683
Average of phase 1~5	5.29	5.59	5.30	4.92	5.82	0.514

¹ Refer Table 2 for the detailed explanation of treatment.

구보다 높은 경향을 보였다.

4. 혈액 성상

백혈구와 적혈구 관련 분석 결과를 Table 7에 나타내었다. Leucocytes 중 white blood cell(WBC), heterophil(HE), lymphocyte(LY), monocyte(MO) 및 eosinophil(EO)은 처리간에 유의한 차이가 있었는데 전반적으로 대조구에 비해 모든 처리구들의 측정치가 낮았다. Stress indicator로 알려진 HE/LY는 유의적 차이가 없었으며 β -glucan첨가구들에서 낮은 경향이 있었다.

적혈구(erythrocytes)와 관련된 항목들 중에서는 적혈구용적률(HCT)과 평균적혈구용적(MCV)에서 유의한 차이가 나타났는데 처리구들 중에서 OGlu가 두가지 지수 모두 가장 높았다. 적혈구수(RBC), 헤모글로빈(Hb), 평균헤모글로빈용적(MCH), 그리고 평균적혈구색소 농도(MCHC)에 있어서는 처리구간에 유의한 차이가 없었다.

Table 7. Leucocytes and erythrocytes in the blood of laying hens fed experimental diets

Parameter ¹	Treatments						SEM
	Normal range ²	T1 Control	T2 BetaPolo	T3 HiGlu	T4 OGlu	T5 BGlu	
Leukocytes							
WBC (K/ μ L)	12.0~30.0	12.91 ^a	9.08 ^{ab}	7.98 ^b	11.53 ^{ab}	6.74 ^b	1.957
HE (K/ μ L)	3.0~6.0	2.44 ^a	1.48 ^{ab}	1.41 ^{ab}	1.91 ^{ab}	1.07 ^b	0.489
LY (K/ μ L)	7.0~17.5	8.81 ^a	6.50 ^{abc}	5.59 ^{bc}	8.17 ^{ab}	4.87 ^c	1.285
SI (NE/LY)		0.27	0.21	0.27	0.22	0.19	0.036
MO (K/ μ L)	0.2~2.0	1.46 ^a	0.98 ^{abc}	0.83 ^{bc}	1.29 ^{ab}	0.71 ^c	0.236
EO (K/ μ L)	0.0~1.0	0.17 ^a	0.09 ^{ab}	0.12 ^{ab}	0.12 ^{ab}	0.07 ^b	0.037
BA (K/ μ L)	0.0~0.3	0.03	0.03	0.03	0.02	0.01	0.010
Erythrocytes							
RBC (M / μ L)	2.5~3.5	2.94	2.72	2.67	2.89	2.62	0.142
Hb (g/dL)	7.0~13.0	11.98	11.51	11.91	13.00	11.31	0.790
HCT (%)	22.0~35.0	26.60 ^{ab}	24.89 ^{ab}	24.70 ^{ab}	27.50 ^a	23.90 ^b	1.329
MCV (fL)	90.0~140.0	90.55 ^b	91.44 ^{ab}	92.46 ^{ab}	95.19 ^a	91.54 ^{ab}	1.537
MCH (pg)	33.0~47.0	40.71	42.39	44.53	45.01	43.19	1.786
MCHC (g/dL)	26.0~35.0	44.98	46.35	48.26	47.33	47.43	2.199

¹ WBC : white blood cell, HE : heterophil, LY : lymphocyte, MO : monocyte, EO : eosinophil, BA : basophil, SI : stress indicator (HE/LY), RBC : red blood cell, Hb : hemoglobin, HCT : hematocrit, MCV : mean corpuscular volume, MCH : mean corpuscular hemoglobin, MCHC : mean corpuscular hemoglobin concentration.

² Normal range : Melvin (1984).

^{ab} Means with the different supercripts differ significantly ($P < 0.05$).

Table 8. Immunoglobulin concentration of birds fed experimental diets

Item	Treatment					SEM
	T1 Control	T2 BetaPolo	T3 HiGlu	T4 OGlu	T5 BGlu	
----- (ng/100 mL serum) -----						
IgG ¹	749.70	699.58	735.08	658.20	758.95	41.265
IgA ²	530.45	487.08	485.83	454.33	477.70	22.261

¹ IgG : Immunoglobulin G.

² IgA : Immunoglobulin A.

5. 혈청 IgG, IgA 결과

혈청내 IgG, IgA 결과는 Table 8에 나타내었다. IgG, IgA 모두 처리구간에 유의적인 차이가 없었다. 전반적으로 IgA는 β -glucan 첨가구들이 대조구에 비해 낮은 경향을 보여주었고 특히 OGlu의 경우는 IgG와 IgA 모두 전체 처리구 중 가장 낮은 수준을 보여주었다.

6. 장내 미생물 균총

장내 미생물 분석 자료는 Table 9에 요약하였다. *E. coli*, *Lactobacilli* 및 *Clostridium perfringens*의 수는 전체적으로 처리구간에 유의한 차이가 없었다. 그러나 괴사성 장염을 유발하는 *Cl. perfringens*의 수는 β -glucan 처리구들이 대조구보다

Table 9. Small intestinal microflora concentration of birds fed experimental diets

Item	Treatment					SEM
	T1 Control	T2 BetaPolo	T3 HiGlu	T4 OGlu	T5 BGlu	
	----- (cfu ¹ in log10/g) -----					
<i>E.coli</i>	3.84	4.23	3.85	4.50	4.57	0.182
<i>Lactobacilli</i>	7.38	6.89	7.23	7.21	7.11	0.279
<i>Cl. perfringens</i>	2.79	0.50	1.30	0.73	0.50	0.531

¹ cfu : colony forming unit.

모두 적었다.

적 요

본 실험은 Beta-glucan 제제들이 산란계의 생산성, 혈액성상, 소장내 미생물 균총 및 면역 체계에 미치는 영향을 측정하기 위해 실시하였다. 사양 실험은 40주령의 산란계(Hy-Line Brown) 720수를 선별하여 A형 2단 케이지에 대조구 포함 총 5처리구로 구성하여 처리당 4반복 반복당 36수씩 randomized block design으로 배치하였다. 시험 기간 동안 물과 사료는 자유 섭취하게 하였으며 일반적인 점등 관리(자연 일조+조명:16 hr)를 실시하였다. 시험구는 대조구, BetaPolo[®] (미생물 발효 β -glucan, 수용성)구, HiGlu[®](미생물 발효 β -glucan)구, OGlu[®](Oat β -glucan)구 그리고 BGlu[®](Barley β -glucan)구 등 5처리구로 두었다.

생산성에 있어서 일계 산란율은 처리간에 유의한 차이가 없었으나 hen-housed egg production에 있어서 OGlu구가 HiGlu구에 비해 유의하게 낮았다. 사료 섭취량과 사료 요구율은 처리간에 유의한 차이가 있었는데 모든 β -glucan처리구들이 대조구에 비해 낮았다. 계란 품질에 있어서 난각 강도는 대조구에 비해 모든 β -glucan 처리구들이 유의하게 높았고 그 중에서 BGlu구가 가장 높았다. 난각색과 Haugh unit는 β -glucan 처리구들이 대조구보다 낮았는데 특히 OGlu구가 가장 낮았다. 혈액성상에 있어 leucocytes는 전반적으로 β -glucan 처리구들이 대조구보다 낮았다. Erythrocytes 중 적혈구 용적율(HCT)과 평균적혈구용적(MCV)은 처리간에 유의한 차이가 있었는데 MCV는 β -glucan 처리구들이 대조구에 비해 높은 수준을 보였다. 특히 β -glucan 처리구중에서 OGlu구가 leucocytes와 erythrocytes 수준이 가장 높았다. 소장내 미생물 균총도 처리간 유의적 차이가 없었으나 *Cl. perfringens*

의 경우 모든 β -glucan 처리구에서 대조구에 비하여 감소하는 경향을 보였다. 난황내 IgY 함량에 있어서는 전체적으로 유의적인 차이는 없으나 시험 마지막 5기에 β -glucan 처리구들에서 증가하는 경향을 보였다. 혈액내 IgG, IgA 함량에 있어서는 유의적 차이가 없었다.

이상의 결과를 종합해보면 산란계에 β -glucan 제제들의 급여가 사료 요구율과 난각 강도를 유의하게 개선시켰는데 혈액성상, 장내 미생물 균총, 면역 기능 등에 순기능적 개선에 의한 결과라고 사료된다.

(색인어 : β -glucan, Immunoglobulin Yolk, microbial β -glucan, oat β -glucan, barley β -glucan, layer)

사 사

본 연구는 (주)더멋진바이오텍의 β -glucan 첨가제 및 연구비 지원에 의해 수행되었기에 감사드립니다.

인용문헌

- Anadon A, Martinez-Larranaga MR 1999 Residues of antimicrobial drugs and feed additives in animal products. Regulatory aspects. Livest Prod Sci 59:183-198.
- Bohn JA, Bemiller JN 1995 (1→3)- β -D-glucan as biological response modifier: A review of structure-functional activity relationships. Carbohydrate Polymers 28:3-14.
- Cassell GH 1995 ASM Task force urges broad program on antimicrobial resistance. ASM News 61:116-120.
- Eisen EJ, Bohren BB, McKean HE 1962 The haugh unit as a measure of egg albumen quality. Poultry Sci 41: 1461-1468.

- Hatta H, Kim M, Yamamoto T 1990 A novel isolation method for hen egg yolk antibody, "IgY". *Agric Biol Chem* 54:2531.
- Hatta H, Sim JS, Nakai S 1988 Separation of phospholipids from egg yolk and recovery of water-soluble proteins. *J Food Sci* 53:425.
- Jung KA, Chang YK 1995 Effects of cereal on lipid concentration of liver and serum in rats. *Korean J Nutr* 28:5-14.
- Kim MK, Ryu KE, Choi WA, Rhee YH, Lee IY 2003 Enhanced production of (1 \rightarrow 3)- β -D-glucan by a mutant strain of *Agrobacterium* species. *Biochem Eng J* 16:163-168.
- Kunin CM 1993 Resistance to antimicrobial drugs: A worldwide calamity *Ann Intern Med* 118:557-561.
- Lowry VK, Farnell MB, Ferro PJ, Swaggerty CL, Bahl A, Kogut MH 2005 Purified β -glucan as a biotic feed additive up-regulates the innate immune response in immature chickens against *Salmonella enterica* serovar. *enteritidis*. *Int J Food Microbiol* 98:309.
- Mancini G, Carbonara AO, Heremans JF 1965 Immunochemical quantitation of antigens by single radial immunodiffusion. *Immunochemistry* 2:235-254.
- Marlett JA 1991 Dietary fiber content and effect of processing on two barley varieties. *Cereal Foods World* 36:576.
- McKillop N, MacIsaac J, Rathgeber B 2006 Feeding White Leghorn hens yeast beta-glucans to influence egg quality. Page 101 In : PSA 2006 annual meeting(abstract 197), Edmonton, Canada.
- Melvin JS 1984 Physiological properties & cellular & chemical constituents of blood, Page 359 In: *Duke's Physiology of Domestic Animals* (10th Ed.). Comstock Publishing Co., NY.
- NRC 1998 Nutrient requirements of poultry. National Research Council National Academy of Science Washington DC.
- SAS institute 1996 SAS/STAT[®] users guide release 6.12 Edition SAS Institute Inc Cary Nc USA.
- Shim JH, Choi WA, Sang BC, Yoon DY 2002 Immune stimulating efficacy of insoluble β -1,3-glucan from *Agrobacterium* sp. R259 KCTC 1019BP. *Yakhak Hoeji* 46:459-465.
- Vanbelle M 1989 The European perspective on the use of animal feed additives : A world without antibiotics, anabolic agents or growth hormones? Page191 In : *Proceeding of Alltech's 5th Annual Symposium AlltechTech*. LyonsTP(ed) Biotechnology in the Feed Industry, Publ, Nicholasville, KY.
- Yoo BW, Choi SI, Kim SH, Yang SJ, Koo HC, Seo SH, Park BK, Yoo HS, Park YH 2001 Immunostimulatory effects of anionic alkali mineral complex solution Barodon in porcine lymphocytes. *J Vet Sci* 2:15-24.
- (접수일자: 2008. 03. 17, 채택일자: 2008. 06. 28)