

산란계 사료에 β -Glucanase 첨가가 보리의 이용성에 미치는 효과

이정호 · 이규호 · 이영철¹ · 오상집
강원대학교 사료생산공학과

Effects of the Addition of β -Glucanase to Barley-based Layer Diet

J. H. Lee, K. H. Lee, Y. C. Rhee¹ and S. J. Ohh

Department of Feed Science and Technology
Kangwon National University, Chuncheon, Korea 200-701

ABSTRACT

Effects of the addition of β -glucanase to barley-based layer diets were examined by feeding 200 Leghorn layers with corn-based(Control) and β -glucanase supplemented diets(Barley+Enzyme). The results obtained are summarized as follows.

1. There were no significant ($P>0.05$) differences in hen-day egg production(%) and average egg weight between two treatments, indicating that the β -glucanase supplemented barley could successfully replace the commonly used corn in the layer diets.
2. Although there was no statistical difference ($P>0.05$) between two treatments, the daily feed consumption was numerically high in layers fed the barley diet compared to the corn-based diet.
3. Availabilities of crude fat and crude fiber of the barley diet were significantly poor ($P<0.05$) as compared to corn diet.
4. The β -glucanase supplementation depressed the viscosity of barley diets and excreta from them.
5. Both serum and egg yolk cholesterol were not significantly affected by the addition of β -glucanase in the barley based diet.

Our data indicate that the barley grain supplemented with β -glucanase can be successfully used as an energy source of layer diet when there is a price advantage. Although some possibilities to produce low cholesterol egg were recognized in this study, further studies pertaining to long-term feeding experiment and elucidation of the metabolic interrelationship between serum and yolk cholesterol, are required to confirm the result.

(Key words : layer, barley, egg production, availability, cholesterol)

이 논문은 1991년도 교육부 지원 한국학술진흥재단의 자유공모과제 학술연구 조성비에 의하여 연구되었음.

¹ 축산학과(Department of Animal Science)

서 론

사료용 보리의 일반적인 사료적 가치를 살펴보면 단백질 함량이 옥수수의 8.6%에 비해 12.0%로 높을 뿐만 아니라, lysine, methionine, tryptophan 등의 필수 아미노산의 함량도 상대적으로 높은 곡물이나 전분의 함량이 적고 조섬유 함량이 옥수수에 비해 3~4%나 많아 가소화 에너지 함량이 낮을 뿐만 아니라 기호성도 다소 떨어진다(한인규 등, 1974a). 이는 보리의 세포벽에 고분자의 복합 다당류인 β -glucans의 함량이 보리의 품종에 따라 2~10%나 이르러(Wood, 1984) 사료적 가치를 떨어 뜨리는 주요 원인이 되고 있기 때문이다.

최근 들어 각종 미생물 합성효소나 이들 배양추출물들의 상업적인 생산이 가능해짐에 따라 β -glucan을 가수분해시킬 수 있는 미생물 합성효소제의 첨가로 보리의 사료적 가치를 증진시키기 위한 연구가 시도되고 있는데, 현재 β -glucan을 가수분해할 수 있는 효소는 lichenase(EC 3.2.1.73), β -D-glucanase(EC 3.2.1.6), cellulase(EC 3.2.1.4) 등이 있으며, 특히 단위동물에 β -glucanase나 또는 이들 효소 배양추출물들을 첨가하여 보리의 이용성을 증진시킬 수 있는 연구가 활발히 진행되고 있다(Qureshi 등, 1980b; Hesselman 등, 1981, 1982; Graham 등, 1986; Rotter 등, 1989).

뿐만 아니라, Qureshi 등(1980b)은 산란계 병아리의 보리기초사료에 *Trichoderma viride*의 배양추출물을 첨가시 체내 cholesterol의 생합성에 관계하는 HMG-CoA reductase의 수준을 떨어뜨려 혈장과 간장내 cholesterol의 수준을 저하시켰다고 보고하고 이들을 이용하여 저콜레스테롤 달걀의 생산을 시도할 수 있음을 시사하였다.

그러나 전반적으로 미생물 합성효소를 이용한 육계 및 어린 병아리에서의 보리의 이용성에 대한 연구는 진행되어 왔으나, 산란계에서의 보리의 이용성을 증진시키기 위한 연구는 미흡한 실정이며 특히 혈액내 cholesterol 수준 및 계란의 콜레스테롤 수준에 미치는 영향에 대한 연구는 매우 부족한 실정이다.

따라서 본 연구는 산란계에서 β -glucanase의 첨가

에 의한 사료용 보리의 영양생리적 이용성을 평가하고자 시도되었으며 우선적으로 β -glucanase첨가에 의한 보리의 산란계 사료로서의 이용성을 평가하고, 보리 β -glucan에 대한 β -glucanase 첨가가 산란계의 cholesterol 대사에 미치는 영향을 조사하였다.

재료 및 방법

1. 실험동물 및 실험설계

본 시험에 사용된 공시동물은 단관백색 Leghorn종(Manina strain) 13개월령 400수 중 체중, 산란율이 균일한 200수를 선발하여 공시하였다. 공시계는 2수용 2단 철제케이지에서 사육하였으며, 시험사료는 자유채식시켰고, 자유로이 음수토록 하였다.

본 시험은 미생물 합성 효소인 β -glucanase(Finizym[®], 200 FBG/g; NOVO, 2880 Bagsvaerd Denmark)의 첨가에 의한 사료용 보리의 영양생리적 이용성을 평가하기 위하여 대조구로서 가장 널리 이용되는 옥수수급여구(Control)를 설정하고 보리에 β -glucanase를 0.20% 첨가한 효소첨가 보리급여구(Barley + Enzyme)등 2처리를 두었으며, 처리당 5반복, 반복당 20수로 완전임의 배치하였다.

사양시험은 5주간 실시하였고 사양시험이 종료된 후 체중과 산란성적이 유사한 실험계 8수를 선발하여 전분 채취법에 의하여 대사시험을 실시하였다.

2. 시험사료

시험사료의 배합율은 NRC(1984) 사양표준에 준하여 설계되었으며, 가능한한 시험사료간의 단백질 수준과 대사에너지 수준이 상호 유사하도록 조절하였다. 시험사료의 배합율과 그 영양소 함량은 Table 1과 같다.

3. 조사항목 및 조사방법

1) 산란율 및 난중

산란율은 시험기간중 생산된 총 산란수를 공시수로 나누어 백분율로 표시하였다. 난중은 매일 오후 4시에 집란한 후 반복별로 칭량하여 총 난중을 총 산란수로 나누어 평균 난중으로 계산하였다.

Table 1. Formula and chemical composition of experimental diets

Item	Control	Barley + En- zyme
Ingredients	%	%
Corn, yellow	61.00	17.00
Barley	—	44.00
Soybean meal	17.00	17.00
Wheat bran	5.90	3.30
Corn germ meal	3.00	3.00
Fish meal	2.10	2.10
Tallow	—	2.60
Calcium phosphate	1.30	1.30
Limestone	8.90	8.90
Met	0.20	0.20
Lys	0.04	0.04
NaCl	0.15	0.15
Vitamin mixture	0.23	0.23
Constant portion ¹	0.18	0.18
Total(%)	100.00	100.00
Chemical composition, %		
ME(kcal/kg) ²	2690.80	2631.10
Crude protein	15.55	15.49
Crude fat	3.54	4.66
Crude ash	7.92	8.91
Crude fiber	4.15	3.66
NFE	59.58	57.98
β -glucan	—	2.67
Lys ²	0.72	0.75
Met + Cys ²	0.69	0.67
Ca ²	3.77	3.77
P ²	0.41	0.52

¹ Constant portion contains the following ingredients: choline, 0.03%; K-Enzyme, 0.10%; antioxidant, 0.01%; antibiotics, 0.04%.

² Calculated values.

2) 사료섭취량 및 사료요구율

사료섭취량은 공시기간 중 매주 간격으로 집란을 종료한 직후에 시험사료의 잔량을 칭량한 후 급여량에서 잔량을 제하여 섭취량을 계산하고 매주 및 전 기간의 섭취량을 각 기간의 공시수수로 나누어 1일 1수당 사료섭취량으로 계산하였다. 사료요구율은 주별 총 사

료섭취량을 각 주별의 총 생산 난중으로 나누어 산출하였다.

3) 시험사료의 영양소 이용율과 성분분석

시험사료의 영양소 이용율을 조사하기 위하여 전분 채취법(한인규 등, 1974a)으로 대사시험을 실시하였으며, 분뇨로 배설된 각 영양소의 양을 섭취한 영양소의 양으로 나누어 백분율로 환산하여 시험사료의 영양소 이용율을 표시하였다. 실험에 사용된 사료와 분뇨의 일반성분은 AOAC(1990)법에 의하여 분석하였고 β -glucan의 함량은 Martin과 Bamforth(1981)의 방법에 준하였다.

4) 점도(Viscosity)의 측정

실험에 사용된 원료곡류인 옥수수과 보리, 그리고 시험에 사용된 배합사료의 점도는 Hesselman 등(1981)의 방법을 기초로하여 수용상태로 30°C에서 Brookfield viscometer (Model DV-II, Brookfield Eng. Inc, USA)를 이용하여 측정하였으며, 대사시험에서 채취한 분배설물의 상대적인 점도를 비교하기 위하여 White(1981)의 장내용물의 점도 측정법을 다소 개선하여 38°C 생리적 식염수로 추출한 상태에서 Brookfield viscometer를 이용하여 측정하였다.

5) 혈청 cholesterol 함량

혈청 cholesterol분석은 사양시험 종료후 12시간 절식 시킨 후 처리당 20수를 선발하여 마리당 2cc 정도를 이하정맥에서 채혈한 후 3000 rpm에서 20분간 원심분리하여 혈청을 얻은후 Kanai 와 Kanai(1978)의 방법에 의하여 505nm에서 spectrophotometer (Hitachi Model U-2000)로 측정하였다.

6) 난황 cholesterol 함량

난황 콜레스테롤 함량을 조사하기 위하여 Shen 등(1982)의 방법을 근본적으로 이용하였고, 지질의 추출은 methylene chloride 와 methanol 혼합용액 45 mL(vol/vol, 2:1)를 사용하여 40°C water bath 내에서 30분간 추출하여 505nm에서 spectrophotometer(Hitachi Model U-2000)를 사용하여 측정하였다.

7) 통계분석

모든 자료의 통계처리를 위해서 SAS program (1982)을 이용하였고 최소유의차(LSD)검정을 실시하였다 (Steel 과 Torrie, 1980).

결과 및 고찰

1. 산란성적

시험사료를 5주간 급여한 사양시험에서의 산란 성적은 Table 2 와 같다.

시험기간 중의 총 평균 산란율은 옥수수 급여구와 효소첨가 보리 급여구에서 각각 77.48% 및 75.23%로 옥수수 급여구에서 다소 높은 것으로 나타났으나 처리구간에 유의적인 차이는 없었다($P > 0.05$). 이와 같은 결과는 한인규 등(1974b), Pan과 Guenter(1992)가 산란사료의 에너지원으로서 옥수수를 보리로 전량 혹은 다량 대체하여도 산란율에는 차이가 없었다는 보고와 일치된 결과이나, 반면에 보리급여구에서 산란율이 감소하였다는 Lilie와 Denton(1968)의 보고와는 상반된 결과이다. 일반적으로 에너지급원으로 보리는 옥수수에 비하여 다소 열등한 것으로 판단되고 있으나 본 시험에서 보리급여구의 산란성적이 옥수수급여구에 비하여 큰 차이가 없었던 것은 β -glucanase를 첨가하므로써 보리의 이용성을 증진시켰기 때문에 나타난 결과로 판단된다. 더우기 Table 1에 제시된 바와 같이 옥수수사료에 비하여 효소첨가 보리사료의 대사 에너지 수준이 상대적으로 높음에도 불구하고 산란율에 차이가 없었던 것으로 보아 β -glucanase 첨가로 보리의 에너지 이용성이 개선되었거나 Table 3에서 보는 바와 같이 효소첨가 보리급여구의 사료섭취량이 옥수수급여구보다 다소 증가한 것으로 볼때 효소첨가로 인해 사료섭취가 촉진되었기 때문인 것으로 판단된다. 이는 어린 병아리에 효소첨가 보리를 급여하였을 경우 사료섭취량이 옥수수급여구에 비하여 떨어지지 않고 효소를 첨가하지 않은 보리급여구에 비해서는 증가하는 결과를 보였던 Arscott과 Rose(1960)의 연구로 미루어 판단할 때 설득력 있는 설명이 될 것이다.

그러나 Arscott과 Rose(1960)의 지적과 같이 본 시험에서도 우지를 2.6% 첨가하였기 때문에 우지의 섭취

취와 증진효과가 상대적으로 나타났다고도 판단할 수 있으나 Edney 등(1984)은 육계 병아리를 이용한 실험에서 β -glucanase의 첨가없이 우지의 첨가에 의한 성장촉진 효과가 나타나지 않았다고 보고하고 있어 β -glucanase의 첨가가 우선적임을 시사한 바 있다. 아무튼 효소첨가 보리급여구의 산란성적이 현재 곡류 사료로서 가장 우수한 것으로 판단되는 옥수수급여구에 비하여 차이가 없었던 것은 산란계의 에너지 급원으로서 보리를 효과적으로 이용할 수 있음을 시사한다고 할 것이다.

시험기간에 생산된 난의 평균난중을 비교하여 보면 옥수수급여구의 평균 난중은 63.26g이었고 효소첨가 보리급여구는 63.32g으로 거의 동일한 난중을 보여 실험구간의 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 이와 같은 결과는 사료에너지 수준이 높을 수록 난중도 증가한다는 기존의 보고로 볼때(Harms 와 Waldrop, 1963; 한인규 등, 1974b), 본 시험의 효소첨가 보리급여구의 에너지수준(2631.10 kcal /kg)이 상대적으로 낮았음에도 불구하고 옥수수급여구(2690.80 kcal /kg)와 동일한 난중을 보인 것은 Pan과 Guenter(1992)의 연구와 같은 경향이였으며, β -glucanase 첨가가 보리의 이용성을 개선시킨 것으로 평가된다. 특히 한인규 등(1974b)이 저에너지보리구(2,601 mcal /kg)에서 난중이 감소 하였다는 보고로 미루어 볼때 β -glucanase 첨가가 보리의 이용성을 개선시켜 난중감소를 예방할수 있었다는 판단은 더욱 타당성을 갖는다고 하겠다.

물론 낮은 에너지 수준에도 불구하고 보리급여구에서 난중의 감소를 가져오지 않은 것은 사료섭취량이 증가했기 때문에 나타난 결과라고도 볼 수 있으나 본 시험에서 보리구의 섭취량이 숫자적으로 다소 증가하였으나 통계적으로 유의적인 차이를 보이지 않았기 때문에 그 영향력은 미미한 것으로 판단할 수 있다.

2. 사료섭취량 및 사료요구율

시험 산란기간 중의 시험사료의 일당 사료섭취량은 Table 3 에 제시된 바와 같이 옥수수급여구 127.4g, 효소첨가보리급여구 132.6g으로 실험구간의 유의적인 차이는 인정되지 않았으며 이러한 결과는 Arscott와 Rose(1960), 한인규 등(1974b), Pan과 Guenter

Table 2. Hen-day egg production and average egg weight of hens fed experimental diets

Items	Treatments	
	Corn	Barley + Enzyme
Hen-day egg production(%)	77.48 \pm 4.86	75.23 \pm 3.58
Average egg weight(g)	63.26 \pm 1.21	63.32 \pm 0.28

Table 3. Body weight gains, average daily feed intake, feed conversion efficiency of hens fed experimental diets

Items	Treatments	
	Corn	Barley + Enzyme
BW gain(g)	142.83 \pm 2.31 ^a	4.55 \pm 1.04 ^b
Daily feed intake(g)	127.40 \pm 4.03	132.60 \pm 3.50
Feed conversion efficiency ¹	2.02 \pm 0.06	2.09 \pm 0.07

^{ab} P<0.01.

¹ Weekly average feed intake(g) /weekly egg mass(g) /hen.

(1992)의 보고와 유사한 경향이였다.

오히려 실제 사료섭취량은 옥수수급여구보다는 β -glucanase를 첨가한 보리급여구에서 다소 높은 경향을 보였는데, 이는 Harms 와 Waldroup(1963)의 보고와 같이 보리급여시 사료섭취량이 다소 감소되었다는 결과와는 상반되는 결과이다. 이는 본시험에서 Rotter 등(1989)의 연구와 같이 β -glucanase의 첨가로 인해 보리의 섭취 저해요인이 감소되었음을 시사하고 있다. Gohl 등(1978)은 섭취사료의 장내이동속도가 β -glucanase의 첨가에 의하여 촉진되었기 때문에 이로 인하여 섭취량이 증가할수 있다고 설명하였으며 Aastrup(1979)은 이러한 장내 사료이동속도의 촉진요인으로 β -glucanase에 의하여 β -glucan의 소수성 성질이 감소되기 때문이라고 설명한바 있다. 실제 어린 병아리의 보리위주사료에 β -glucanase를 첨가한 결과 효소무첨가 보리급여구에 비하여 또는 대조곡류인 옥수수나 밀급여구에 비하여 섭취량이 전혀 감소하지 않았다는 보고(Hesselman 등, 1981,1982)는 이를 뒷받침하고 있다.

시험기간 중 각 시험사료의 사료요구율은 Table 3에 제시된 바와 같이 옥수수급여구와 효소첨가 보리급여구에서 각각 2.02와 2.09로 효소첨가 보리급여구에서 다소 높았으나 유의적인 차이는 아니었다. 이는 Arscott 와 Rose(1960), 한 등(1974b)의 보고와 유

사한 결과이며 효소처리보리급여구에서 사료섭취량이 증가함에 따라 나타나는 자연적인 결과라 할 수 있다.

또한 전 산란기간의 체중변화를 볼 때 옥수수급여구가 +142.83g으로 효소첨가보리급여구의 +4.55g에 비하여 상당히 높았는데 이는 옥수수급여시 상당량의 에너지가 오히려 체중증가에 이용되었음을 나타내며 오히려 보리급여구에서 불필요한 체중증가가 억제되었음을 나타내고 있다. 이는 산란중기 이후 체중의 불필요한 증가를 방지하기 위하여 보리와 같은 곡류가 효율적으로 이용될수 있음을 시사한다고 할 것이다.

3. 시험사료의 영양소 이용율

대사시험을 통한 시험사료의 영양소 이용율은 Table 4에 제시된 바와 같다.

전반적으로 옥수수위주사료에서 보다는 효소첨가 보리위주사료의 각 영양소 이용율이 낮은 경향을 보이고 있는데, DM, NFE, CP의 이용율은 시험기간에 통계적인 차이가 없었으나 그 외의 영양소의 이용율은 효소첨가 보리위주사료에서 낮은 것으로 조사되었다.

건물의 이용율은 옥수수 급여사료와 효소첨가 보리 급여사료에서 각각 66.72%, 62.35%로 통계적인 차이는 인정되지 않았으나, 효소첨가 보리사료의 건물소화율이 수치상으로 낮은 것으로 보아 β -glucan이외의 타 성분, 특히 조섬유등이 건물의 이용성을 저해시킨

Table 4. Nutrient availability of experimental diets

Nutrients	Treatments		Difference
	Corn	Barley + Enzyme	
Dry Matter	66.72 ± 4.11	62.35 ± 1.53	NS
Crude protein	36.98 ± 7.67	31.45 ± 6.02	NS
Crude fat	77.32 ± 7.87	60.01 ± 5.42	P<0.02
Crude ash	49.67 ± 2.54	37.90 ± 7.58	P<0.05
Crude fiber	76.78 ± 2.13	71.59 ± 2.64	P<0.05
NFE	72.97 ± 3.57	69.87 ± 1.00	NS

것으로 판단된다(Gohl 과 Thomke, 1976; Friesen 등, 1992). 본 시험에서 타 연구자들과는 달리 보리사료에 대한 효소첨가 효과가 상대적으로 적게 나타난 것은 대상 계군이 이미 소화기능이 완성된 성계이었기 때문에 β -glucanase의 첨가효과가 절감된 것으로 판단된다. Gohl 과 Thomke (1976) 및 Salih 등(1991)에 의하면 보리의 β -glucan에 의한 점도상승이 영양소 이용율에 미치는 영향은 산란계에서는 감소하는 것으로 보고하고 있다.

조단백질의 영양소 이용율은 옥수수 급여사료와 효소첨가 보리 급여사료간에 통계적인 차이가 없었으나 옥수수위주사료의 단백질 이용율이 다소 우수한 것으로 나타났다. 이는 전반적으로 옥수수 및 밀에 비하여 보리의 단백질 이용율이 낮았다는 보고(한 등, 1974a; Wang 등, 1991; Friesen 등, 1992)와 일치된 견해를 보여주었다. 또한 보리에 β -glucanase를 첨가하더라도 돼지의 단백질 이용율은 다소 개선되기는 하였으나 통계적인 차이는 없었다는 Graham 등(1986)의 보고나 효소의 첨가로 단백질 이용율을 증가시켰으나 그 이용율은 β -glucan 함량이 낮은 보리보다는 낮았다는 Hesselman과 Aman(1986)의 연구결과로 미루어 볼 때 β -glucanase의 첨가가 단백질 이용율 개선에 미치는 효과는 사료원료 자체의 차이를 극복할 수 있는 정도는 아닌 것으로 판단된다. 아무튼 본 시험에서 옥수수의 단백질 이용율과 크나큰 차이를 보이지 않은 것은 보리의 단백질 이용율이 효소첨가로 다소 개선되었음을 시사한다.

조지방의 경우 한인규 등(1974a)은 보리의 첨가수준을 증가시키에 따라 지방의 이용율은 옥수수급여구

69.51%에 비하여 보리급여구에서 73.78%로 증가하였다고 보고하였다. 그러나 본 시험에서는 효소첨가보리구의 지방이용율이 상대적으로 낮은 경향을 보였는데(P<0.02) 이는 Friesen 등(1992)의 연구와 같은 경향이었다. Gohl 등(1978)은 β -glucan이 장내용물의 점도를 증가시켜 가금류의 영양소 이용율 특히 아미노산과 지방의 흡수를 저해하는 것으로 보고하였는데 본 시험에서도 동일한 영향이 나타난 것으로 판단된다. 이는 상대적으로 본 시험에서 첨가한 β -glucanase의 영양소 이용율 개선 효과가 미약하였던 것으로 판단할 수 있다. 또한 본 실험은 보리의 조섬유 함량 자체는 지방의 이용율에 일관적인 영향을 미치지 않았다는 Janssen 과 Carre(1989)의 보고와 의미를 같이하며 아울러 지방의 소화율 자체는 오히려 타성분에 영향을 받을 수 있음을 반증하고 있다. 실제 장내에서 조섬유의 담즙산 흡착능력이 높아 지방의 이용율이 낮아질 수 있다는 가설이 제시되었으나 이때 조섬유 자체가 비수용성일 경우 영양소 이용율에 미치는 영향이 미미한 것으로 보고하고 있다 (Janssen 과 Carre, 1989). Edney 등(1989)도 고 β -glucan 함유 보리의 경우 효소첨가에 의하여 지방 이용성이 개선되었으나 저 β -glucan 함유 보리의 경우 효소를 첨가하더라도 지방의 이용성은 변화가 없었다고 보고하고 있어 수용성 섬유소의 일종인 β -glucan이 지방의 이용에 큰 영향을 미칠 수 있음을 시사하였다. 그러나 본 시험에서 사용한 보리의 β -glucan 함량이 2.67%로서 타연구자의 수준보다 비교적 낮고 시험계의 연령이 높아 β -glucan 첨가효과는 매우 미약하였던 것으로 판단된다.

조섬유의 이용성은 옥수수급여구보다는 효소첨가 보리급여구에서 유의적으로 낮은 결과를 보이고 있는데 ($P < 0.05$), 이는 보리에 β -glucanase를 첨가하더라도 조섬유자체의 이용성은 큰 영향을 받지 못한 것으로 판단된다.

이상의 결과로 볼 때 두 처리간의 DM, 조단백질, NFE의 영양소 이용성은 차이가 없는 것으로 나타난 반면, 조지방 및 조회분, 조섬유의 영양소 이용율은 효소첨가 보리급여구에서 낮은 이용성을 보여 전반적으로 옥수수급여구의 영양소 이용성이 다소 우수한 것으로 나타났는데 이는 시험계의 연령이 증가하면서 β -glucanase의 첨가효과가 감소하였다고 보고한 Salih 등(1991)의 연구와 같이 산란계의 경우에는 영양소 이용성을 크게 증진시키지는 못하였음을 보여주고 있다.

4. 실험사료 및 분뇨 배설물의 점도

실험에 사용된 옥수수과 보리 및 그 사료의 수용성 추출물에 대한 점도를 비교한 결과 Table 5에서 보는 바와 같이 보리 추출물의 점도가 높게 나타났는데 이는 Hesselman 등(1981)의 연구와 유사한 경향을 보여 주고 있다. 특히 보리에 β -glucanase를 첨가한후 제조된 사료의 수용성 물질의 점도를 비교하여 본 결과 옥수수구에 비하여 차이가 나지 않는 것은 Hesselman 등(1981)의 실험에서 나타난 β -glucanase의 첨가효과와 유사한 현상이 나타난 것으로 판단된다. 이로 미루어 볼 때 첨가한 효소가 보리의 특정 성분에 영향을 미친다는 것을 알수 있으며, 이는 수용성 성분

Table 5. Viscosity of feed grains, diets and excreta

	Items	Viscosity (Cp)
Grain ¹	Corn	0.80
	Barley	1.67
Diets ¹	Corn	0.95
	Barley+Enzyme	1.00
Excreta ²	Corn	18.02
	Barley+Enzyme	19.76

¹ Viscosity of water soluble portions.

² Viscosity of saline soluble portions.

Table 6. Serum total cholesterol content of the tested laying hen

Treatment	Cholesterol(mg /dL)
Corn	126.86 \pm 4.2
Barley + Enzyme	130.10 \pm 3.6

으로서 점도에 영향을 줄 수 있는 성분, 즉 탄수화물계임을 암시하고 있다. 따라서 이는 Aastrup(1979)이나 White 등(1981)의 보고에서 나타난 것처럼 점성과 밀접한 관계를 갖는 가용성 β -glucan 임을 쉽게 짐작할 수 있다.

시험사료의 섭취후 대사시험과정에서 배설된 분뇨의 점성을 비교한 결과도 역시 Table 5에 제시된 바와 같은데 처리구 간에 큰 차이를 보이지 않고 있다. 이는 White 등(1981)의 결과와 비교적 유사한 경향을 보이고 있으며, 급여 사료의 점성이 차이가 나지 않았던 것으로 미루어 볼 때 효소첨가의 효과가 이미 대상 탄수화물인 β -glucan에 작용되었음을 입증한다고 할 것이다. 물론 실험에 사용된 산란계의 경우 이미 성장이 완료된 상태로서 소화기관의 발달정도와 적응능력이 어린 병아리에 비하여 우수하므로 효소첨가가 소화대사에 미치는 영향은 상대적으로 미약 하였던 것으로 판단된다 (Gohl 과 Thomke, 1976). 배설된 분뇨의 점도, 즉 소화기관 하단부내용물의 점도의 차이가 본 시험에서 영양소 이용율의 차이와 상응적 관계를 보이지 못한 것은 소화율과 점성에 영향을 하는 β -glucan과의 유의적 상관관계를 지적한 Burnett(1966), Wang 등(1991)의 연구와는 다소 상이하였는데 이는 아마도 실험에 사용된 닭의 연령에 차이가 있었기 때문인 것으로 판단된다. 실제 Gohl 등(1978)은 β -glucan이 점도에 미치는 영향은 어린 병아리에서 크게 나타난다고 보고한바 있다.

5. 혈청 cholesterol

시험사료를 섭취한 산란계의 혈청 cholesterol함량은 Table 6에 제시된 바와 같다. 각각의 혈청 cholesterol의 수준은 옥수수급여구는 126.86mg /dL, 효소첨가 보리급여구는 130.10mg /dL로 나타났으며 두처리간의 통계적인 차이는 인정되지 않았다.

Qureshi 등(1980b)이 보고한 바에 의하면, 어린 병

아리의 혈장 cholesterol 수준이 옥수수급여구의 139 mg/dL와 보리첨가구 및 효소첨가보리급여구에서 각각 76 및 55 mg/dL로서 현저히 낮아졌는데 이는 본 실험의 결과와는 상반된 경향이었다. 이는 여타 연구자들이 산란계 및 육계 병아리에게 각각 식물성 sterol 또는 식이 섬유질사료를 급여시 혈청 콜레스테롤 수준을 감소시켰다는 보고(Sim 과 Bragg, 1977; Qureshi 등, 1980a)와도 상반된 결과를 보여주었다.

이는 병아리에 비하여 산란계의 경우 산란 cycle에 따라 혈액내 cholesterol 함량이 급변할수 있기 때문에 (Sturkie, 1976) 효율적인 혈액 채취의 시점을 찾지 못했기 때문인 것으로 판단되며 보다 정확한 비교를 위해서는 cholesterol 합성과 분해에 관한 대사율을 측정하여야 할 것으로 판단된다.

또한 혈청 cholesterol의 수준이 채혈시점에 따라 큰 변동을 보이기 때문에 본 실험에서 채혈전 절식효과에 관한 영향을 평가하는 것이 필요하며, 특히 Qureshi 등(1980b)의 연구와는 실험대상 닭의 연령에서 차이가 있었다는 점을 감안하여야 할 것이다. Sloan 등(1994)의 연구에서도 산란계의 혈청 cholesterol과 난황cholesterol 수준간에 상관관계를 찾기 어려웠을 뿐 아니라 혈청cholesterol의 수준도 무작위적으로 변화하는 양상을 나타내었다. 따라서 산란중인 닭의 경우 혈청cholesterol의 간장에서의 대사과정이 우선 규명이 되어야 상기 결과를 해석할 수 있을 것으로 판단된다.

이 밖에도 사료에 급여하는 지방의 함량에 따라 cholesterol의 생합성 및 그 분해가 영향을 받으므로 (Qureshi 등, 1980b) 본 시험에서 보리급여구에 에너지 급여수준을 상승시키기 위해 2.6%의 우지를 첨가한 것이 혈청내 cholesterol 수준을 다소 상승시키는데 영향을 미친것으로도 판단할 수 있을 것이다. 따라서 현시점에서 β -glucanase를 첨가한 보리사료의 급여가 산란계에서의 혈청cholesterol 수준에 미치는 영향에 관한 결론을 내리기에는 더 많은 연구가 필요한 것으로 판단된다.

6. 난황 cholesterol

산란계에 β -glucanase를 첨가한 보리를 급여할 경우 난황 cholesterol함량에 미치는 영향을 살펴보면

Table 7. Total cholesterol content in egg yolk

Wk	Treatments	
	Corn	Barley + Enzyme
	-----mg /g of fresh yolk-----	
2	9.79 ± 0.3	10.02 ± 0.4
3	9.24 ± 1.7	9.30 ± 1.9
4	11.07 ± 0.6	8.75 ± 2.4
5	8.16 ± 1.0	7.31 ± 2.1
Mean	9.57 ± 0.9	8.85 ± 1.7

Table 7에 제시된 바와 같다.

전 기간에 걸쳐 난황 cholesterol의 함량은 옥수수 급여구보다는 보리급여구에서 낮아지는 경향을 볼 수 있으며 이는 시험기간이 경과할수록 뚜렷해지는 경향이었으나 처리간에는 통계적인 유의차는 인정되지 않았다.

본 시험에서 나타난 난황 cholesterol 수준은 Jlang 등(1990)의 수준보다는 다소 낮았으나 Olomu 와 Baracos(1990)의 보고 수준과는 유사한 경향이었다. 이는 유전적인 요인, 계통, 연령, 사료종류 및 급여수준에 따라 난황 cholesterol 수준이 변화하기 때문 (Bartov 등, 1972; Sloan 등, 1994)인 것으로 판단된다.

Jlang 등(1990)은 산란계에 1% cholesterol 사료를 4주간 급여시 난황 cholesterol 수준이 증가하였다고 발표하고 Sim 과 Bragg(1977)는 soysterol의 급여로 난황 콜레스테롤 수준을 낮출 수 있었다고 보고한바 있다. 이는 산란계에서도 급여사료의 변화에 의하여 생산되는 달걀내 cholesterol 수준을 변화시킬 수 있음을 시사하였고 본 시험에서도 이러한 가능성이 확인 되었다고 할 수 있을 것이다.

결론적으로 β -glucanase를 첨가한 보리의 급여가 산란계의 난황 cholesterol수준에 미치는 영향은 본 시험에서 통계적인 감소는 인정되지 않았지만 시험기간이 경과 될수록 감소현상이 뚜렷한 바 장기시험에 의한 비교 평가가 필요한 것으로 사료되며 현 시점에서 β -glucanase첨가 보리사료의 급여에 의하여 난황 cholesterol수준을 낮출 수 있다는 판단을 내리기에는 많은 연구가 필요한 것으로 판단된다.

적 요

산란계 사료로서의 보리의 영양생리적 특성 및 이용성을 조사하기 위하여 200수의 백색 단관 Leghorn종을 선발하여 2처리 5반복으로 사양시험 및 대사시험을 실시하였다. 시험구의 처리는 β -glucanase를 첨가한 보리 급여구와 대조구로서 현재 산란계 에너지원으로 널리 이용되는 옥수수 기초 사료구를 설정하여 산란 성적, 사료섭취량 및 사료요구율, 영양소 이용율, 사료 및 배설분뇨의 점도, 혈청 및 난황 cholesterol 함량을 조사하였으며 그 결과는 아래와 같이 요약된다.

1. 각 처리구간에 있어서 산란율이나 평균난중의 차이는 나타나지 않아 β -glucanase 첨가한 보리는 옥수수를 효율적으로 대체할 수 있는 것으로 판단되었다.
2. 시험기간 중 일당 사료 섭취량이나 사료요구율 항목에서는 각 처리구간에 통계적인 차이가 발견되지 않았으나 보리급여구의 사료섭취량이 다소 증가하였고 따라서 사료요구율도 다소 높은 경향을 나타내었다.
3. 대사 시험결과 시험사료의 영양소 이용율은 전반적으로 옥수수 기초사료가 보리기초사료에 비하여 다소 우수한 것으로 나타났다.
4. 시험에 사용된 원료곡류의 수용성 추출물의 점도는 보리가 높았으나 β -glucanase 효소를 첨가한 후 제조한 배합사료에서는 옥수수 기초사료와 차이를 보이지 않았으며 채취한 배설물의 점도는 처리 구간에 차이가 없었다.
5. β -glucanase를 첨가한 보리 급여시 혈청 총 cholesterol의 농도는 대조구와 큰차이를 보이지 않았으며 아울러 난황 cholesterol의 함량도 큰 차이를 보이지 않았다. 그러나 시험후반기에 난황 cholesterol 감소효과가 효소처리 보리급여구에서 미약하나마 관측되었다.

결론적으로 보리는 원료사료의 가격변동에 따라 경제적 타당성이 있을 경우 옥수수를 대체하여 산란계 사료의 에너지원으로서 훌륭히 사용될 수 있음을 보여 주었으며 이는 에너지급원을 다양화할 수 있다는 측면에서 매우 고무적인 결과라 하겠다.

(색인 : 산란계, 보리, 산란성적, 영양소 이용율, cholesterol)

인용문헌

- Aastrup S 1979 The effect of rain on β -glucan content in barley grain. Carlsberg Research Communications 44:381-393.
- Arscott GH, Rose RT 1960 Use of barley in high-efficiency broiler rations. 4. Influence of amylolytic enzymes on efficiency of utilization, water consumption and litter condition. Poultry Sci 39:93-95.
- Association of Official Analytical Chemists 1990 Official Methods of Analysis. 15th ed AOAC Washington DC.
- Bartov I, Bronstein S, Budowski P 1972 Variability of cholesterol concentration in plasma and egg yolks of hens and evaluation of the effect of some dietary oils. Poultry Sci 51:1357.
- Burnett GS 1966 Studies of viscosity as the probable factor involved in the improvement of certain barleys for chickens by enzyme supplementation. Brit Poult Sci 7:55-75.
- Edney MJ, Campbell G, Classen HL 1989 The effect of β -glucanase supplementation on nutrient digestibility and growth in broilers given diets containing barley, oat, groats, or wheat. Anim Feed Sci. Technol 25:193-200.
- Friesen OD, Guenter W, Marquardt RR, Rotter BA 1992 The effect of enzyme supplementation on the apparent metabolizable energy and nutrient digestibilities of wheat, barley, oats, and rye for the young broiler chick. Poultry Sci 71:1710-1721.
- Gohl B, Thomke S 1976 Digestibility coefficients and metabolizable energy of barley diets for layers as influenced by geog-

- raphical area of production. Poultry Sci 55:2369-2374.
- Gohl B, Alden S, Elwinger K, Thomke S 1978 Influence of glucanase on feeding value of barley for poultry and moisture content of excreta. Brit Poult Sci 19:41-47.
- Graham H, Hesselman K, Jensson E, Aman P 1986 Influence of β -glucanase supplementation on digestion of a barley-based diet in the pig gastrointestinal tract. Nutr Rep Int 34:1089-1096.
- Harms RH, Waldroup PW 1963 Further studies on diet composition on egg weight. Poultry Sci 42:657-662.
- Hesselman K, Elwinger K, Nilsson M, Thomke S 1981 The effect of β -glucanase supplementation, stage of ripeness and storage treatment of barley in diets fed to broiler chickens. Poultry Sci 60:2664-2671.
- Hesselman K, Elwinger K, Thomke S 1982 Influence of increasing levels of β -glucanase on the productive value of barley diets for broiler chickens. Anim Feed Sci Technol 7:351-358.
- Hesselman K, Aman P 1986 The effect of β -glucanase on the utilization of starch and nitrogen by broiler chickens fed on barley of low or high viscosity. Anim Feed Sci Technol 15:83-93.
- Jensen WMMA, Carre B 1989 Influence of fiber on digestibility of poultry feeds. Pages 79-93 In: Recent Developments in Poultry Nutrition. Cole DJA, Haresign W ed Butterworths, London.
- Jlang Z, Cherian G, Robinson FE, Sim JS 1990 Effect of feeding cholesterol to laying hens and chicks on cholesterol metabolism in pre- and posthatch chicks. Poultry Sci 69:1694-1701.
- Kanai I, Kanai M 1978 Manual for Clinical Laboratory Tests VII:63. Kanehara Pub Comp Tokyo.
- Lillie RT, Denton CA 1968 Evaluation of four cereal grain and three protein level combinations for layer performance. Poultry Sci 47:1000.
- Martin HL, Bamforth CW 1981 An Enzymic method for the measurement of total and water-soluble β -glucan in barley. J Inst Brew 87:88-91.
- National Research Council 1984 Nutrient requirements of domestic animals. Nutrient requirements of poultry. 8th ed Nat Acad Sci, Washington DC.
- Olomu JM, Baracos VE 1990 Effect of feeding canola oil and full-fat canola seed on the performance of laying birds and on egg cholesterol deposition. University of Alberta. Feeder's Day Report Pages 43-44.
- Pan CF, Guenter W 1992 Effects of laying hen performance on enzyme supplemented wheat, barley, rye and oats diets. Poultry Sci 71 (Suppl 1):41(Abstr).
- Qureshi AA, Burger WC, Prentice N, Bird HR, Sunde ML 1980a Regulation of lipid metabolism in chicken liver by dietary cereals. J Nutr 110:388-393.
- Qureshi AA, Burger WC, Prentice N, Bird HR, Sunde ML 1980b Suppression of cholesterol and stimulation of fatty acid biosynthesis in chicken livers by dietary cereal supplemented with culture filtrate of *Trichoderma viride*. J Nutr 110:1014-1022.
- Rotter BA, Neskar M, Guenter W, Marguardt RR 1989 Effect of enzyme supplementation on the nutritive value of hullless barley in chicken diets. Anim Feed Sci Technol 24:233-245.
- Salih ME, Classen HL, Campbell GL 1991 Response of chickens fed on hullless barley

- to dietary β -glucanase at different ages. Anim Feed Sci Technol 33:139-149.
- SAS 1982 SAS User's guide : Statistics. SAS Inst, Cary, NC.
- Shen J, Chen IS, Sheppard AJ 1982 Enzymatic determination of cholesterol in egg yolk. J AOAC 65:50.
- Sim JS, Bragg DB 1977 Effect of dietary factors on serum and egg yolk cholesterol levels of laying hens. Poultry Sci 56:1616-1621.
- Sloan DR, Harms RH, Russell GB, Smith WG 1994 The relationship of egg cholesterol to serum cholesterol, serum calcium, feed consumption and dietary cholecalciferol. Poultry Sci 73:472-475.
- Steel RGD, Torrie JH 1980 Principles and Procedures of Statistics, 2nd ed. McGraw-Hill, New York.
- Sturkie PD 1976 Avian Physiology. 3rd ed. Springer-Verlag, NY.
- Wang L, Newman RK, Newman CW, Hofer PJ 1992 Barleyglucans alter intestinal viscosity and reduce plasma cholesterol concentrations in chicks. J Nutr 122:2292-2297.
- White WB 1981 An instrument suitable for viscosity determination of chick intestinal fluids. Poultry Sci 60:1017-1021.
- Wood PJ 1984 Cereal Polysaccharides in Technology and Nutrition. Raspur VF ed. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MINN.
- 한인규 이봉덕 김춘수 Campbell LD 1974a 맥류의 사료적 가치에 관한 연구 I. 보리에 의한 옥수수 대체수준이 육성계의 증체율, 사료효율 및 영양소 이용율에 미치는 영향. 서울대학교 논문집 생농계 24:68.
- 한인규 이봉덕 김춘수 Campbell LD 1974b. 맥류의 사료적 가치에 관한 연구 II. 보리에 대한 옥수수 대체수준 및 에너지 수준이 산란율, 난중, 사료효율 및 난질에 미치는 영향. Ibid 24:79.