

# 맥주효모 슬러리의 급여가 육계의 성장과 혈액 성상에 미치는 영향

김정학 · 심관섭\* · 마정숙\* · 권덕신\*  
지니스 생명공학

## Effects of Brewer's Yeast Slurry on the Growth and Blood Composition of Broiler Chicks

Kim, J. H., Shim, K. S.\*, Ma, J. S.\* and Kwon, D. S.\*  
Jinis Biopharmaceutical Co.

### Summary

This study was conducted for a period for 5 weeks in order to evaluate effects of brewer's yeast slurry(BYS) on the growth performance, organ development and blood composition of broiler chicks. A total number of 84 one day old broiler chicks were allocated to one of three supplemented diets: 0%(control), 2% and 4% BYS. Body weight gain and feed efficiency of chicks fed the diet supplemented with 4% BYS significantly was increased by 9% and 8%, respectively, compared to the control diet(P<0.05). The BYS supplements did not affect weights of liver, heart and abdominal fat, and their ratios per body weight. However, in 4% BYS supplement group, ratio of liver to body weight significantly decreased(P<0.05) by 12%, compared to the control. The supplement of 4% BYS decreased the concentration of triglyceride by 31%, and increased the concentration of high density lipoprotein(HDL) by 26%, compared to the control(P<0.05). These results indicated that the supplementation of 4% BYS in diet can improve body weight gain as well as feed efficiency, and increased the concentration of blood HDL, and ratio of HDL to total-cholesterol of broiler chicks.

(Key words : Brewer's yeast slurry, Broiler, Body weight gain, Feed efficiency, Cholesterol)

### 서 론

효모와 효모배양물은 아미노산 조성이 우수하여 닭에 대한 아미노산 소화율이 98%로 높으며(Allen, 1991), 글루타민 산과 같은 향

미성 물질이 풍부하여 가축의 기호성을 증진시키며(Pepler, 1982), ergosterols, sterols, lipids, glycolipid 및 polypeptides와 지방 전구물질인 acetate를 생산함으로써 사료의 이용성을 증진시킨다(Wu, 1987). 이에 따라 가축의 사

\* 전북대학교 농생대 동물자원과학과(Dept. of Animal Resources and Biotechnology, Chonbuk National University 561-756, Korea)

Corresponding author : Kim Jeong-Hak, 452-32 Jang-dong Duckjin-gu, Jeon-ju, Chon-buk, Korea. Tel : 82-63-214-3935, Fax : 82-63-214-3934, E-mail : aircon1995@hanmail.net

료첨가제로서 효모와 효모배양물에 관한 연구는 많이 진행되었으나 생산 배지의 비싼 가격 때문에 극히 제한적으로 사용되고 있는 실정이다.

맥주 제조 부산물인 맥주효모 슬러리는 단백질과 riboflavin 함량이 높고 효모 성장 과정에서 분비되는 미지 성장인자(Conch and Stelzner, 1971)를 함유하고 있어 단위가축(Ikurior, 1995) 및 반추가축(Bruning and Yokoyama, 1988; Seymour et al., 1995)에서 부분적으로 이용되어 왔다. 국내에서도 매년 맥주 생산량이 증가함에 따라 맥주 생산과 함께 얻어지는 맥주효모 슬러리의 양도 증가하여 다양한 분야에서 맥주효모 슬러리의 재활용에 관심을 가지게 되었다(최 등, 2001; 이 등, 2002; 손과 김, 2003). 국내에서 얻어지는 맥주효모 슬러리는 맥주 생산량으로 추정할 때 연간 12,000톤 가량이며(액상기준), 대부분이 식용으로 가공되고 일부가 분말 또는 그대로 동물사료로서 이용된다(손과 김, 2003). 맥주효모 슬러리를 가축의 사료로서 재활용하기 위한 연구에서 Bruning and Yokoyama(1988)는 육우에서 맥주효모 슬러리는 독성을 나타내지 않는다고 보고하였으며, Diamele and Nancy(1995)는 맥주효모 슬러리로 육계의 단백질 사료인 대두박을 20% 대체하였을 때 증체량과, 사료섭취량에 영향을 미치지 않는다고 하였고, Ikurior(1995)는 맥주효모 슬러리가 어린 자돈의 단백질 사료인 대두박을 일부 대체할 수 있어 사료비 절감 효과가 있음을 보고하였다. 외국에서의 맥주 효모 슬러리에 대한 연구와는 달리 국내에서의 맥주효모 슬러리의 사료적 가치에 대한 연구는 전무한 실정이다.

따라서 본 연구는 맥주효모 슬러리를 육계의 사료로서 재활용하기 위하여 맥주효모 슬러리의 첨가가 육계의 성장에 미치는 영향을 구명하고, 장기의 발달 및 혈액성상에 미치

는 영향을 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 공시동물 및 시험설계

본 시험에 이용된 육계는 Cobb종 수컷 육계 총 84수를 공시하여 대조구와, 맥주효모 슬러리의 첨가수준 0%(Control), 2% 및 4%의 3처리 4반복으로 반복 당 7수씩 완전임의 배치하였다. 맥주효모 슬러리는 동양맥주 광주 공장에서 생산된 것을 80℃에서 24시간 건조하여 사용하였다. 사양시험은 총 5주간 실시하였으며 시험개시 3주 동안은 육계 전기사료를 급여하였고, 마지막 2주 동안에는 육계 후기사료를 급여하였다(Table 1). 사료와 물은 무제한 급여 하였으며, 바닥 깔짚은 왕겨를 사용하였다. 시험 전 기간 동안 바닥 가온에 의하여 사육하였으며, 첫 온도를 33℃로 설정하여 4일 후부터 매일 0.5℃씩 감온시켜 최종 온도를 22℃로 맞추어 주었고, 점등방법은 종야점등을 실시하였다.

### 2. 조사항목

#### 가. 성장률, 사료섭취량 및 사료효율

시험 개시 후 매주 1회 일정시간에 측정하여 반복별 및 처리별 평균을 구하였다. 사료섭취량은 매주 1회 각 시험기간 동안의 총 사료급여량에서 잔량을 제하여 계산하였고, 사료효율은 시험기간 동안 체중 증가에 소요된 사료섭취량의 비율로서 구하였다.

#### 나. 혈액채취 및 장기의 측정

시험 종료 후 각 처리별로 평균 체중과 비슷한 육계 각 10수를 선별하여 12시간 절식한 후 희생(decapitation)시켜 혈액을 채취하였

Table 1. Formula and chemical composition of diets in broiler

Item	Diets					
	Starter			Finisher		
	0 %	2 %	4 %	0 %	2 %	4 %
<b>Ingredients</b>						
Corn	59.44	58.22	56.96	67.05	65.65	64.26
Soybean meal	26.59	26.02	25.48	18.77	18.39	18.00
Corn gluten meal	7.37	7.22	7.08	7.90	7.74	7.58
BYS	-	2.00	4.00	-	2.00	4.00
Tallow	3.00	2.94	2.88	3.00	2.94	2.88
TCP	1.75	1.75	1.75	1.28	1.28	1.28
Limestone	0.95	0.95	0.95	1.13	1.13	1.13
Salt	0.42	0.42	0.42	0.40	0.40	0.40
L-lysine	0.16	0.16	0.16	0.24	0.24	0.24
DL-methionine	0.12	0.12	0.12	0.03	0.03	0.03
Vitamin premix <sup>2</sup>	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Mineral premix <sup>3</sup>	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
<b>Total</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>
<b>Chemical composition;</b>						
ME (kcal/kg)	3,100	3,133	3,120	3,200	3,231	3,216
CP (%)	21.50	21.54	22.16	19.00	19.18	19.85
Methionine (%)	0.50	0.38	0.37	0.38	0.30	0.30
Lysine (%)	1.10	1.13	1.13	1.00	1.03	1.02
Ca (%)	1.00	1.00	1.00	0.90	0.90	0.91
AP (%)	0.45	0.72	0.72	0.35	0.60	0.61

<sup>1</sup> BYS contain 89% dry matter, 52% crude protein(CP), 13.5% crude fat 4% crude fiber and 2.5% ash.

<sup>2</sup> Provided per kilogram of diet: vitamin A 5,500IU; vitamin D<sub>3</sub> 1,100IU; vitamin E, 11IU; vitamin B<sub>12</sub> 6.6 µg; riboflavin, 4.4 mg; niacin, 44 mg; pantothenic acid, 1 mg; choline, 190.96 mg; menadione, 1.1 mg; folic acid, 0.55 mg; pyridoxine, 2.2 mg; biotin, 0.11 mg; thiamin, 2.2 mg; ethoxyquin, 125 mg.

<sup>3</sup> Provided the mg per kilogram of diet; Mn, 120; Zn, 100; Fe, 60; Cu, 10; I, 0.46; Ca, 150 - 180.

고, 간장, 심장, 복강지방을 개체별로 적출하여 무게를 측정하였다. 채취된 혈액은 4℃에서 12시간 보관한 후에 혈청을 분리하여 분석에 사용하였다.

다. 혈청 분석

4℃에서 12시간 보관한 각 개체의 혈액에서 혈청을 분리한 후 혈청 중 glucose, triglyceride,

total-cholesterol(TC), HDL 농도를 아산제약(주)의 측정 Kit를 이용하여 제조회사의 지침서에 설명된 방법에 의하여 실시하였다.

3. 통계분석

본 시험에서 얻어진 결과는 SAS(1985)의 GLM procedure와 Duncan's multiple range test(Duncan, 1955)를 이용하여 처리구간의 유

의성 검정을 실시하였다.

### 결과 및 고찰

맥주효모 슬러리의 첨가가 육계의 증체량, 사료섭취량, 사료효율에 미치는 영향을 조사하여 Table 2에 나타내었다. 증체량에 있어서 2% 맥주효모 슬러리 첨가구는 대조구와 차이가 없었으나, 4% 맥주효모 슬러리 첨가구의 증체량은 대조구에 비하여 9% 향상되어 4% 맥주효모 슬러리의 첨가가 육계의 성장을 촉진하는 효과가 있음을 보여주었다( $P < 0.05$ ). 사료섭취량은 전 처리구간에 차이가 없어 맥주효모 슬러리의 첨가가 사료의 기호성에 나쁜 영향을 주지 않았으며, 특히 사료효율에 있어서는 4% 맥주효모 슬러리 첨가구가 대조구에 비하여 약 8% 정도 유의적으로 개선되었다( $P < 0.05$ ). 지금까지 맥주효모 슬러리에 대한 연구는 주로 가축의 단백질원인 대두박을 대체하여 사료비를 절감하고자 하였으나, 맥주효모 슬러리로 대두박을 50% 이상 대체할 경우 생산성이 크게 저하된다는 보고가 있다(Ikurior, 1995; Diamela and Nancy, 1996; Aires and Paula, 2001). 이에 따라 본 연구에서는 육계의 생산성 증진을 목적으로 완전사료에 맥주효모 슬러리를 2%와 4% 수

준으로 첨가하였고, 4% 첨가구에서 증체량과 사료효율이 개선되는 것을 확인할 수 있었다. 4% 맥주효모 슬러리의 첨가가 육계의 성장에 효과가 있다는 본 연구결과는 육계(Diamela and Nancy, 1996) 및 자돈(Ikurior, 1995)에서 맥주효모 슬러리로 대두박을 대체한 결과 증체량이 개선되지 않았다는 연구결과와는 차이가 있었다. 그러나 맥주효모 슬러리의 첨가가 사료의 기호성에 나쁜 영향을 미치지 않았다는 본 연구 결과는 맥주효모 슬러리로 대두박을 40% 까지 대체하였을 때 사료섭취량이 감소하지 않았다는 Diamela and Nancy (1996)의 결과와 비슷하였고, 특히 본 연구결과에서 4% 맥주효모 슬러리의 첨가는 육계의 사료효율을 크게 개선시켰는데, 이는 맥주효모 슬러리에 풍부하게 존재하는 단백질원과 미지성장인자 때문인 것으로 추측된다.

Table 3은 맥주효모 슬러리의 첨가가 육계의 장기에 미치는 영향을 조사하여 나타내었다. 간장 무게는 전 처리구간에 차이가 없었다. 그러나 체중대비 간장의 비율에 있어서는 2% 첨가구는 대조구와 차이가 없었으나, 4% 첨가구에서는 대조구에 비하여 12% 유의적으로 감소하였다( $P < 0.05$ ). 일반적으로 육계사료에 aflatoxin(남기홍과 가라사와, 1990)

Table 2. Effects of brewer's yeast slurry on body weight, feed intake and feed efficiency of broiler chicks for 5 weeks

Parameter	BYS supplement		
	0 %	2 %	4 %
Initial body weight	44.8 ± 0.4	44.9 ± 0.4	44.9 ± 0.4
Final body weight	1,494 ± 32.1 <sup>a</sup>	1,456 ± 49.1 <sup>a</sup>	1,628 ± 46.6 <sup>b</sup>
Body weight gain	1,449 ± 32.0 <sup>a</sup>	1,411 ± 48.9 <sup>a</sup>	1,583 ± 46.5 <sup>b</sup>
Feed intake	2,640 ± 55.8	2,709 ± 58.4	2,639 ± 17.7
Feed efficiency	1.83 ± 0.049 <sup>a</sup>	1.92 ± 0.013 <sup>a</sup>	1.68 ± 0.087 <sup>b</sup>

Values represent mean ± S.E.M.

<sup>a,b</sup> Means within the same row with different superscripts differ significantly( $P < 0.05$ ).

Table 3. Effects of BYB supplementation on the liver, heart and abdominal fat weight, and their ratios to body weight of broilers

Parameter	BYB supplement		
	0 %	2 %	4 %
Body weight (BW, g/bird)	1,502 ± 9.5	1,491 ± 28.4	1,615 ± 24.4
Liver weight (LW, g)	37.4 ± 1.35	38.4 ± 1.65	35.0 ± 1.27
LW/BW (%)	2.5 ± 0.08 <sup>a</sup>	2.6 ± 0.10 <sup>a</sup>	2.2 ± 0.06 <sup>b</sup>
Heart weight (HW, g)	11.5 ± 0.63	11.1 ± 0.35	12.2 ± 0.42
HW/BW (%)	0.8 ± 0.04	0.7 ± 0.02	0.8 ± 0.03
Abdominal fat (AF, g)	23.8 ± 2.24	25.4 ± 2.68	26.1 ± 2.58
AF/BW (%)	1.6 ± 0.15	1.7 ± 0.15	1.6 ± 0.17

Values represent mean ± S.E.M.

<sup>a,b</sup> Means within the same row with different superscripts differ significantly(P<0.05).

과 ochratoxin(신 등, 1991)과 같은 독성물질의 첨가가 육계의 간장 무게 및 체중대비 간장의 비율을 증가시킨다는 연구결과와 비교하여 볼 때, 4% 첨가구에서 체중대비 간장의 비율이 감소한 것은 맥주효모 슬러리의 첨가가 육계의 체내에서 독성적 효과가 없었음을 간접적으로 보여주는 것이라 사료된다.

맥주효모 슬러리의 첨가가 육계의 혈청 glucose, triglyceride, total-cholesterol 및 HDL 농도에 미치는 영향을 조사하여 Table 4에 제시하였다. Glucose 농도는 맥주효모 슬러리 2% 및 4% 첨가구에서 각각 2%와 6% 감소하였으나 통계적인 차이는 없었다. Triglyceride 농도에 있어서는 2% 첨가구에서 대조구에 비하여 9% 감소하였으나 유의성은 없었고, 4% 맥주효모 슬러리 첨가구에서는 대조구에 비하여 31% 유의적인 감소하였다(P < 0.05). 4% 맥주효모 슬러리의 급여가 혈중 triglyceride 농도를 감소시킨다는 본 연구결과는 맥주효모 슬러리의 대두박 대체가 3주령 육계의 혈중 triglyceride 농도에 영향을 미치지 못하였다는 Diamele and Nancy(1996)의 결과와는 차이가 있었다. 혈청 중 total-cholesterol 농도에 있어

서는 전 처리구에서 차이가 없었다. 그러나 혈중 및 세포중의 free cholesterol를 간으로 이송하는 역할을 담당하는 HDL 농도에 있어서는 2% 및 4% 맥주효모 슬러리의 첨가구가 대조구에 비하여 각각 33%와 26% 유의적인 증가를 보여주었고(P < 0.05), 특히 흥미로운 점은 cholesterol과 관련된 질병 발생요인(multiple complex risk factor)의 분석에 주로 이용되는 HDL/TC의 비율이 2% 및 4% 맥주효모 슬러리의 첨가구에서 대조구에 비하여 각각 22%와 27% 유의적으로 증가하였다(P < 0.05). 맥주효모 슬러리의 첨가가 혈중 total-cholesterol 농도에 영향을 미치지 않았다는 본 연구결과는 맥주효모 슬러리로 대두박을 대체하였을 때 3주령 육계의 혈청 중 total-cholesterol 농도에 차이가 없었다는 Diamele and Nancy(1996)의 결과와는 비슷하였으나, 맥주효모의 급여가 혈중 total-cholesterol 농도를 감소시킨다는 Elwood et al. (1982)의 결과와는 상의하였다. 또한 맥주효모의 세포벽에는 다량의 β-glucan이 존재하며, 이러한 β-glucan은 체내 지질 대사에 지대한 영향을 미친다(Kalra and Jood, 1998; Nicolosi et al.,

Table 4. Effects of BYs supplementation on concentrations of glucose, triglyceride, total-cholesterol, HDL and HDL/TC in sera of broiler chicks

Parameter	BYs supplement		
	0 %	2 %	4 %
Glucose (mg/dl)	312.4 ± 8.17	307.0 ± 5.82	294.7 ± 6.42
Triglyceride (mg/dl)	76.3 ± 5.64 <sup>a</sup>	69.2 ± 5.88 <sup>a</sup>	53.0 ± 3.33 <sup>b</sup>
Total-cholesterol (mg/dl)	151.7 ± 9.66	164.1 ± 13.08	149.8 ± 4.99
High-density lipoprotein (mg/dl)	62.8 ± 4.96 <sup>a</sup>	83.3 ± 7.47 <sup>b</sup>	79.2 ± 3.49 <sup>b</sup>
HDL/TC (%)	41.8 ± 2.54 <sup>a</sup>	51.1 ± 3.24 <sup>b</sup>	53.0 ± 2.12 <sup>b</sup>

Values represent mean ± S.E.M.

<sup>a,b</sup> Means within the same row with different superscripts differ significantly (P<0.05).

1999). Nicolosi et al. (1999)은 효모로부터 분리한 β-glucan을 비만과 고 콜레스테롤 혈증 (hypercholesterolemic) 환자에서 급여한 결과 혈중 total-cholesterol 농도를 감소시키고, HDL/TC의 비율을 증가시킨다고 보고하였으며, Kalra and Jood (2000)는 β-glucan이 고 농도로 존재하는 사료가 쥐의 혈중 total-cholesterol 농도를 감소시키고, HDL 농도를 증가시켜 HDL/TC의 비율을 향상시킨다고 보고하였다. 따라서 맥주효모 슬러리가 육계에서 triglyceride 및 HDL 농도에 많은 영향을 미친다는 본 연구결과는 맥주효모 슬러리에 풍부하게 존재하는 β-glucan 때문일 것으로 추측된다.

이상의 결과로서 맥주효모 슬러리를 육계의 사료에 4% 첨가시 육계의 성장과 사료효율을 개선시키고, 장기의 발달에 나쁜 영향을 미치지 않았다. 또한 맥주효모 슬러리는 혈청 중 triglyceride 농도를 감소시키고, total-cholesterol 농도에는 영향을 미치지 않으면서 HDL 농도 및 HDL/TC의 비율을 증가시켜 육계의 건강상태를 향상시킬 수 있는 것으로 나타나 맥주효모 슬러리를 적절히 활용한다면 육계의 사료 첨가제로서 이용 가능성이 높을 것으로 판단되었다.

## 적 요

맥주공장에서 얻어지는 맥주효모 슬러리를 육계사료의 첨가제로서 사용하기 위하여 80℃에서 건조하였으며, 육계사료에 0%, 2%, 4% 첨가·급여하여 육계의 성장과 장기발달 및 혈액 성상에 미치는 영향을 조사하였다.

4% 맥주효모 슬러리의 첨가시 육계의 성장률이 9% 향상되었고(P < 0.05) 사료 효율은 8% 개선되었다(P < 0.05). 사료섭취량은 전처리구간에 차이가 없었다. 또한 전 처리구간에서 육계의 간장, 심장 및 복강지방의 무게에는 차이가 없었으나, 체중 대비 간장 무게의 비율에 있어서는 4% 첨가구에서 감소되었다. 맥주효모 슬러리의 첨가가 혈중 glucose 농도에는 영향을 미치지 못하였으나, 혈중 triglyceride 농도에 있어서는 4% 첨가구에서 31% 유의적으로 감소하였다.(P < 0.05). 특히 맥주효모 슬러리의 첨가가 육계의 혈청 중 total-cholesterol 농도에는 영향을 미치지 않았으나, HDL 농도에 있어서는 2%와 4% 첨가구에서 대조구에 비하여 각각 33%와 26% 증가하여(P < 0.05), HDL/TC의 비율을 향상시켰다(P < 0.05).

본 연구의 결과는 맥주효모 슬러리의 첨가 육계의 성장 및 사료효율을 개선시켜 육

계의 사료 첨가제로서 이용가능성을 확인시켜 주었으며, 특히 혈중에서는 triglyceride 농도를 감소시키고, HDL 농도 및 HDL/TC의 비율을 증가시켜 체내 지방대사에 영향을 미친다는 것을 보여준다.

## 인 용 문 헌

1. Aires, O. T. and Paula, G. 2001. Partial replacement of fishmeal by brewers yeast (*Saccaromyces cerevisiae*) in diets for sea bass(*Dicentrarchus labrax*) Juveniles. *Aquaculture* 202:269-278.
2. Allen, R. M. D. 1991. Ingestion and absorption of carbohydrate and proteins. In: L. R. John(Ed) *Physiology of the Gastrointestinal Tract*. Second Edition. Raven Press. NY. p. 1469.
3. Bruning, C. L. and Yokoyama, N. T. 1988. Characteristics of live and killed brewers yeast slurries and intoxication by intraruminal administration to cattle. *J. Anim. Sci.* 66:585-591.
4. Conch, J. R. and Stelzner, H. D. 1971. Unidentified growth factors on distillers dried solubles. *Poult. Sci.* 50:1566(Abstr.)
5. De Abreu, J. and Millan, N. 1994. Effect of addition of brewer's yeast to soy protein and casein on plasma cholesterol levels of rabbits. *Arch. Latinoam Nutr.* 44(1):18-22.
6. Diamela, C. and Nancy, M. 1996. Brewery waste as a substitute for soy protein in soy-brewer's yeast mixtures to feed broiler chickens. *Archivos. Latinoamericanos de Nutricion.* 46:67-70.
7. Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple test. *Biometrics* 11:1-42.
8. Elwood, J. C., Nash, D. T. and Streeten, D. H. 1982. Effect of high-chromium brewer's yeast on human serum lipids. *J. Am. coll. Nutr.* 1(3):263-274.
9. Ikurior, S. A. 1995. Preservation of brewers years slurry by a simple on-farm adaptable technology and its effect on performance of weaner pigs. *Animal Feed Science and Technology* 53:353-358.
10. Kalra, S. and Jood, S. 2000. Effect of dietary barley  $\beta$ -glucan on cholesterol and lipoprotein fractions in rats. *Journal of Cereal Science.* 31:141-145.
11. Nicolosi, R. S., Stacey, J. B., Bruce, R. B., Isaac, G., Armour, F. and George., L. B. 1999. Plasma lipid changes after supplementation with  $\beta$ -glucan fiber from yeast. *Am. J. Clin. Nutr.* 70:208-212.
12. Pepler, H. J. 1982. Yeast extracts. In : A. H. Rose.(ED) *Fermented Foods*. p. 293. Academic Press, London.
13. Poo, M. E. and Millen, M. 1990. Efecto de la concentracion dietaria de la levadura (*Saccharomyces carlabergensis*) recuperada de la cerveza en pollos macho Warren. *Arch. Latinoamer. Nutr.* 40:95-106.
14. SAS. 1985. *SAS User's Guide: Statistics*(5th Ed.). SAS Inst Inc Cary NC.
15. Seymour, W. M., Nocek, J. E. and Siciliano-Johes, J. 1995. Effects of a colostrum substitute and of Dietary Brewer's yeast on the health and performance of dairy calves. *J. Dairy. Sci.* 78:412-420.
16. Wu, J. F. 1987. The microbiologist's function in developing action-specific microorganisms. *Altech technical publications*. pp. 181-197.
17. 남기홍, 가라사와, 1990. 사료중에 형성된 곰팡이 독소(aflatoxin)의 체내 해독에 관한 연구. I. 사료중에 셀레늄, 메티오닌, 아밀라아제의 첨가가 5주령 병아리의 성

- 장 및 장기무게에 미치는 효과. 한국축산학회지. 312:393-399.
18. 신동신, 김동희, 고태송. 1991. 병아리의 단백질 및 에너지 대사에 미치는 오크라톡신 A가 함유된 사료의 영향. 한국축산학회지. 33:307-312.
19. 손상목, 김재식. 2003. 맥주 공장 부산물 효모의 최적 자가소화 조건 결정. 한국식품과학회지. 35(2):201-205.
20. 이옥환, 이성갑, 손종연, 김경임, 김현덕, 이부용. 2002. 각종 효소를 이용한 맥주 폐효모로부터 효모추출물 제조. 한국식품과학회지. 34(5):867-872.
21. 최형택, 이성갑, 손종연. 2001. 맥주 효모박을 이용한 효모추출물의 제조에 관한 연구. 한국식품영양학회지. 14(2):161-166.