

## 균체 단백질의 첨가가 육계 생산성에 미치는 영향

장윤호 · 김정우 · 김인호 · 김춘수

단국대학교 동물자원과학과

### Effects of Dietary Levels of Single Cell Protein(SCP) on the Productivity of Broiler Chicks

Y. H. Jang, J. W. Kim, I. H. Kim and C. S. Kim

Department of Animal Resource and Science, Dankook University,  
Cheonan, Korea, 330-714

#### ABSTRACT

Dietary levels of single cell protein(SCP) 0 %, 5 %, 10 % and 15 % were included in experimental diets. The purpose of this experiment is to examine the effects of diets containing different levels of SCP on the performance of broiler chicks, including the nutrient availabilities, compared to that of the commercial diet. In order to evaluate the nutritive value of SCP, feeding and metabolism trial were conducted with a total of 160 broiler chicks for a period of 4 weeks. Contents of CP and pure protein in the composition of SCP were 67 % and 32.05 %, respectively. In general, diets with over 10 % SCP substitution had significantly decreased body weight gain compared to the control diet. Feed intake of chicks fed SCP supplemental groups was significantly decreased compared to that of control, especially observed the significant difference in proportion to increasing the levels of SCP. The feed efficiency was decreased by the addition of SCP, but was not significantly different between control and SCP supplemental groups. The digestibilities of DM, CP and NFE tended to be similar among treatments, whereas crude fiber treated with SCP tended to be lower digestibility than control. In conclusion, the optimum dietary supplemental SCP would be less 5 % for broiler growth in this experiment.

(Key words: single cell protein, growth, performance, digestibility, broiler)

#### 서 론

국민소득의 증대와 더불어 국민의 식생활이 개선됨에 따라 연간 1인당 육류 소비량이 크게 늘어나 1960년대 0.5 kg에서 1990년에는 19.9 kg, 1993년에는 24.7 kg으로 최근(1985년 이후) 연평균 증가율이 7.0%에 달하고 있다. 또한 국민총생산액(GNP) 중 농림

수산업과 축산업의 비중은 감소하고 있으나 농림 수산업중 축산업의 비중은 꾸준히 증가하고 있다. 따라서 국내 축산업은 차츰 그 규모가 커져서 현재는 많은 수의 기업화된 축산 경영이 이루어지고 있다.

이에 따라 사료자원이 빈약한 우리 나라는 외국에서 매년 엄청난 양의 사료용 곡물을 수입해 오고 있으며 이에 소요되는 외화 또한 막대한 양에 달하고 있다. 그리고 급격히 커진 축산업 규모에 따라 가축 폐기물의

본 연구는 94년도 농촌진흥청 농업특정연구개발사업의 일환으로 수행되었음.

발생량이 크게 증가하였으나 이중 일부만이 비료로 이용될 뿐 상당량이 그대로 하천으로 방류되어 이로 인한 환경오염문제가 심각하게 대두되고 있다. 최근 환경보존에 대한 국민의 인식이 높아져서 과거와 같이 가축 분뇨를 그대로 방류할 수 없게 되었고 반드시 적절한 처리과정을 거친 후에야 폐기할 수 있게 되었다. 그러나 가축 분뇨의 처리시설은 그 설치 및 운용에 대한 많은 비용과 시설의 조작 미숙 등으로 널리 활용되지 못하고 있으며 축산물의 생산단가를 상승시켜 축산업의 경영면에 심각한 위협을 주고 있다. 설상 가상으로 1986년부터 7년간이나 끌어오던 UR협상이 지난 1993년 12월 15일 스위스 제네바에서 타결됨에 따라 우리 축산업도 국내 경쟁의 시대를 마감하고 냉혹한 국제 경쟁의 무대에 나설 수 밖에 없는 상황에 직면하게 되었다.

매년 막대한 양의 사료 원료를 수입에 의존하고 있는 우리나라의 실정에 미루어 볼 때 새로운 부존 사료 자원의 개발은 우리 축산물의 국제 경쟁력 향상을 위한 가장 중요한 과제 중의 하나이다. 따라서 가축분을 다시 가축에게 사료의 형태로 환원하려는 노력은 가축분의 공해문제와 사료의 부족을 어느 정도 해결하고자 하는 의도에서 비롯되었다. 가축사료의 주원료인 옥수수, 대두박, 밀기울 등 농후 사료의 대부분을 외국에서 의존할 수 밖에 없고 아직도 외국에 비해 영세한 우리의 축산실정으로는 가축분으로 사료의 일부를 대체하고 환경오염원으로 인식되고 있는 축산폐기물도 기술 개발에 따라 훌륭한 자원으로 재활용할 수 있다는 것은 중요한 의미가 있다.

가축의 분뇨 배설량은 사료의 종류, 급여량, 품종, 건강상태에 따라 차이는 있으나 닭의 분뇨 배설량은 일일 0.1~0.15 kg 정도인데, 분에는 섭취된 사료의 전량이 소화 흡수되는 것이 아니고 많은 양이 미흡수된 상태로 배설되기 때문에 사료로서의 잠재성이 높고 배설물에는 장내 미생물과 이탈된 장 점막도 포함되어 있어 그 조성 역시 다양하고, 조단백질과 무기물이 높은 반면 열량은 낮게 평가되고 있다(한국과학기술연구소, 1976).

가축의 분은 단백질(12~40%)과 탄수화물(40~70%)을 다량 함유하고 있고 특히 질소원으로서 가축분의 사료적 가치는 높이 인정되고 있다(Harms 등,

1968; Anthony, 1970; El-Sabban 등, 1970; Lowman and Knight, 1970; Smith, 1971). 또한, 가축분은 거름으로 사용하는 것보다 사료자원으로 활용하는 것이 더 경제적 가치가 있으며(Yeck 등, 1975), 가축분내 유기 및 무기물을 동시에 이용한다는 측면에서도 가축분을 사료로 이용하는 것이 가장 효율적인 방안중 하나라고 할 수 있다. 근래에 가축분을 기질로 하여 단세포 단백질인 미생물을 생산하고 이를 고단백가축사료로 활용하려는 연구가 활발하게 진행되고 있다(Henry 등, 1976; Shuler 등, 1979; Moo-young 등, 1981; 김창원 등, 1987; 과학기술처, 1988).

따라서 본 연구는 축산 폐기물인 계분을 기질로 이용하여 생산한 균체단백질(Single Cell Protein: SCP)의 사료가치를 평가하기 위하여 육계의 배합사료의 원료사료인 대두박을 대체할 수 있는 정도와 육계의 성장 및 소화율에 미치는 영향을 구명하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 시험기간 및 장소

사양시험은 1994년 11월 18일부터 12월 22일까지 부화 직후부터 총 4주간이었다. 그리고 사육시험은 단국대학교 동물자원과학과 동물 사육동에서 수행하였다.

### 2. 공시동물 및 시험설계

본 시험에서는 브로일러 품종인 AVIAN 계통을 공시하였다. 사양시험에 160마리(암 80, 수 80)를 공시동물로 선정하여 같은 사육조건에서 관리하면서 4처리에 처리별 4반복으로 10마리를 4단 battery cage에 완전 임의 배치하였다.

### 3. SCP 생산용 계분의 채취

계분은 충남 천안군 성거면에 위치한 연암축산원에 전문대학 내에 위치한 산란계 농장에서 수집하였고 계분을 생산한 산란계는 브라운 300이었다. 계분은 분변한지 2시간 이내의 것을 채취하였고 수집된 계분은 냉장 및 냉동 상태로 보관하여 사용하였다. 이때 사용된 계분의 일반조성분, 미생물의 분포, 아미노산 등은 Table 1과 같다.

**Table 1.** Composition and bacterial distribution of poultry feces

Item	Contents	Item	Contents
Water content	73 %	K	2.00 %
pH	4.0	Na	0.41 %
Soluble protein	4 mg /g-dw	Mg	0.53 %
Total protein	0.35 g /g-dw	Fe	0.41 %
Ammonia	56.3 $\mu$ g /g-dw	Mn	0.0038 %
Uric acid	62 mg /g-dw	Zn	0.0163 %
VFA		Cu	0.0078 %
Acetic acid	257.2 mM	NPN	0.75 %
Propionic acid	48.6 mM	Amino acids	
Isobutyric acid	0.8 mM	Cystine	0.0681 %
Butyric acid	9.8 mM	Methionine	0.2014 %
Isovaleric acid	2.2 mM	Aspartic acid	1.2799 %
Valeric acid	1.0 mM	Threonine	0.5604 %
Isocaproic acid	0.6 mM	Serine	0.4929 %
Caproic acid	0.12 mM	Glutamic acid	1.7445 %
Heptanoic acid	0 mM	Proline	0.5823 %
Nutrition bacteria	$1.7 \times 10^7$ /g-dw	Glycine	1.0037 %
Bacteria	$2.4 \times 10^6$ /g-dw	Alanine	0.0013 %
<i>E. coli</i>	$5.1 \times 10^6$ /g-dw	Valine	0.9083 %
Proximate composition		Isoleucine	0.7206 %
CP	29.21 %	Leucine	1.0276 %
Crude fat	2.84 %	Tyrosine	0.4073 %
Crude fiber	10.66 %	Phenylalanine	0.6091 %
Crude ash	20.39 %	Lysine	0.6134 %
Minerals		Histidine	0.3325 %
Ca	5.15 %	Arginine	0.4621 %
P	1.89 %		

#### 4. SCP의 생산

SCP의 대량생산은 대형 fermentor(한국발효기 상사)를 이용하여 *Candida* 균주를 50%의 계분 액체발효배지(Table 2)에 접종한 후 30°C의 배양 온도에서 150~200 rpm의 교반속도, 통기량 0.6 VVM(volume of air volume<sup>-1</sup> medium min<sup>-1</sup>)으로 36시간 배양하여 균주의 생육수준이  $3.8 \times 10^9$  CFU/ml 되도록 하였다. 일회조작에 100 l의 배양액에서 약 870g(DM)의 균체를 얻었으며 생산된 균체의 조단백질 함량은 67%이었다.

#### 5. 시험사료

계분을 배지로 사용하여 생산한 SCP를 육계전기사

**Table 2.** Composition of liquid medium for fermentation

Component	Jar fermentor(Capacity: 5 L)
Feces extract	2,000 ml
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	17.41 g
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	13.60 g
Glucose solution	160 g /300 ml
Seed volume	100 ml ( $2.0 \times 10^8$ CFU/ml)
Anti-foam	5 ml
Tap water	1,600 ml
Total volume	4,000 ml

료 중의 대두박(첨가수준: 21%)과의 중량대비 각각 0%, 5%, 10%, 15% 대체하여 배합하였다. 본 시험의

사료배합비 및 배합된 사료의 분석결과는 Table 3에서 보는 바와 같다.

### 6. 사양관리

본 시험의 사양관리는 공시동물물 수용하기 전 철저한 소독을 하였다. 시험사료와 물은 자유로이 먹도록 하였으며 체중과 사료의 잔량은 매주 1회 오후에 조사하였다. 점등은 사양시험 기간동안 24시간 계속하였고, 그외의 사양관리는 본 사육동의 일반관례에 준하여 최대한 동일조건을 부여토록 실시하였다.

### 7. 대사시험

사양시험 3주째 되던 날로부터 3일간 실시하였다. 3

일간 채취한 사료와 배설한 분뇨의 총량을 측정하였다. 사료와 배설한 분뇨의 총량을 각각 잘 혼합한 후 채취하여 건조기에서 건조시켜 이 건조된 분뇨를 가지고 분석시료로 사용하였다.

### 8. 조사항목 및 조사방법

#### 1) SCP의 화학적 분석

균체 단백질(SCP)에 대한 조단백질 함량은 시료 1g을 90℃에서 건조시킨 후 시료를 황산 및 촉매로 강하게 가열하여 시료 중의 유기물을 분해하고 질소를 황산암모니아로 바꾼 다음 과잉의 알칼리를 가하여 중류하고 이때 유출되는 암모니아를 일정량의 산에 흡수

**Table 3.** Composition of experimental diet (%)

Ingredient	Control	SCP 5%	SCP 10%	SCP 15%
Wheat (CP 13.5%)	39.73	39.73	39.73	39.73
Yellow corn	24.75	24.75	24.75	24.75
Soybean meal (CP 44%)	21.00	19.95	18.90	17.85
Single cell protein (SCP)	0.00	1.05	2.10	3.15
Corn gluten meal	5.00	5.00	5.00	5.00
Animal fat	3.00	3.00	3.00	3.00
Fish meal (C.P. 58%)	2.50	2.50	2.50	2.50
Tricalcium phosphate	2.50	2.50	2.50	2.50
NaCl	0.25	0.25	0.25	0.25
Perilla meal	0.25	0.25	0.25	0.25
L-lysine (80%)	0.15	0.15	0.15	0.15
DL-methionine (50%)	0.13	0.13	0.13	0.13
Vitamins and minerals mix. <sup>1)</sup>	0.74	0.74	0.74	0.74
Total	100.00	100.00	100.00	100.00

#### Chemical composition

Energy, kcal ME /kg	3,000	—	—	—
Crude protein, %	21.1	21.7	21.5	20.9
Crude fat, %	5.8	4.1	4.5	4.3
Crude fiber, %	2.4	2.1	2.1	2.1
Crude ash, %	3.1	6.9	7.2	6.8
Calcium, %	1.00	1.42	1.51	1.47
Phosphorus, %	0.88	0.83	0.84	0.83
Available phosphorus, %	0.64	—	—	—

<sup>1)</sup>Supplied per kilogram of diet: Vitamin A, 16,250 IU; Vitamin D<sub>3</sub>, 3,250 IU; Vitamin E, 8 IU; Vitamin K<sub>3</sub>, 4 mg; Vitamin B<sub>2</sub>, 10 mg; Vitamin B<sub>12</sub>, 12 mg; Ca-pantothenic acid, 4,000 mg; Niacin, 50 mg; Choline chloride, 180 mg; Folic acid, 0.6 mg; Mn, 120 mg; Zn, 90 mg; Fe, 40 mg; Cu, 5 mg; Co, 1 mg; Ca, 71.5 mg.

시킨 후 이것의 양을 적정하는 Micro-Kjeldahl 방법 (Bradstreet, 1965)과 시료를 고온으로 가열하여 이때 생성되는 재의 탄소, 수소, 질소의 대비함량을 측정하는 CHN analyzer(corder MT-3, Tanaco, Japan)로 분석하였다(APHA, 1992). 측정된 질소의 양을 단백질량으로 환산하기 위하여 환산 계수는 6.25를 사용하였다.

SCP의 amino acid 분석방법은 100 ml 등근 바닥 flask에 일정량의 시료를 달아 넣고 performic acid 용액 5 ml를 가한다. Circulating water bath(0°C)에서 16시간 방치하여 methionine을 methionine sulfone으로, cystine을 cysteic acid로 전환시킨다. 그 다음 0.84 g sodium metabisulfite를 넣고 SO<sub>2</sub>를 유리시키기 위해 15분 동안 용액을 교반시킨다. 6 N HCl-phenol용액 50 ml를 가한 다음 reflux condenser가 부착된 110~120°C heater에서 24시간 동안 가수분해시킨다. Sample에 norleucine 표준용액 20 ml를 넣고 과산화를 방지하면서 sample을 40°C에서 5.0 ml까지 증발시킨다. 증발된 sample에 sodium citrate buffer 50 ml를 넣는다. Whatman membrane filter paper(pore size 0.2 μm diameter 25 mm)로 여과한 다음 7.5 N NaOH 40 ml로 sample을 중화시킨다. 2 N NaOH로 sample의 pH를 2.2로 조절하여 250 ml 맞춘다. 분석기의 조건은 elution buffer로서 pH 3.2 sodium citrate(0.2 N), pH 4.25 sodium citrate(0.2 N), pH 10.0 sodium borate(0.2 N), pH 10.0 sodium hydroxide(0.4 N)를 사용하였으며, buffer의 flow rate는 35 ml/hr이고 ninhydrin flow rate는 25 ml/hr이었다. Internal standard로서 10 nMol/50 μl의 L-norleucine (1-2-aminohexanoic acid, Sigma Co)을 사용하였다. 그리고, column temperature는 50~80°C이고 injection volume으로 20 μl를 취해서 아미노산 분석기에 주입하여 정량하였다.

아미노산 함량은 표준 아미노산의 peak 면적에 대한 시료의 peak 면적 비율로서 다음 공식에 의하여 구하였다.

$$\text{아미노산(\%)} = \frac{\text{시료의 peak 면적} \times \text{아미노산 반응 계수} \times \text{내부 표준계수} \times 100}{\text{표준 아미노산 peak 면적} \times \text{시료무게, mg}}$$

## 2) 시험시료와 분뇨의 일반 조성분 분석

모든 시험시료와 분뇨의 일반 조성분 분석은 AO-AC법(1984)에 의해 실시하였다.

## 3) 증체량

시험개시 초에 전체 계군의 체중을 측정하고 일주 간격으로 같은 시간에 체중을 측정하여 각 주령별 체중에서 개시시 체중을 감하여 증체량을 구하였다.

## 4) 사료 섭취량

사료섭취량은 체중 측정시 총급여 사료량에서 잔여 사료를 감하여 구하였다.

## 5) 사료 효율

사료 효율은 총사료 섭취량을 총 증체량으로 나누어 계산하였다.

## 6) 영양소 이용율

이용율 공식((섭취된 성분량-분뇨 중의 성분량/섭취한 성분량)×100)에 의하여 고형물, 조단백질, 조섬유, 가용무질소물의 영양소 대사율을 구하였다.

## 7) 단백질 효율(Protein efficiency ratio; PER)

단백질 효율은 증체량을 단백질 섭취량으로 나누어 계산하였다.

## 9. 통계 처리

모든 통계처리는 SAS(1985)의 GLM procedure와 Duncan's multiple range test(Duncan, 1955)를 이용하여 처리구 간의 유의성 검정을 5% 수준에서 실시하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. SCP의 단백질 함량 및 Amino Acid 성분

#### 1) SCP의 단백질 함량

본 사양실험에 이용된 SCP의 단백질 함량은 67%이었으며(Table 4) 이 중 순단백질(true protein) 함

량은 32.05 %이었고 나머지 단백질 함량은 비단백질 태질소이었다. 순단백질 함량 백분비 중 14.23 %가 필수 아미노산의 질소 함량이었으며 나머지 14.24 %는 비필수 아미노산의 질소 함량으로부터 구성되어 있다. 이와 같은 단백질의 함량은 Nigam 등(1991)이 molasses와 sugarbeet pulp를 기질로 하여 얻은 *Candida utilis*, *Candida tropicalis*의 단백질 함량인 47.5 %, 43.4 %보다 월등히 높은 함량으로 ethanol에서 얻은 Eprin, 천연가스에서 얻은 Gaprin, methanol에서 얻은 Pruteen의 단백질 함량이 각각 56.7 %, 70 %, 69 % 등과 비슷한 수준임을 알 수 있다.

## 2) SCP의 Amino Acid 성분

Table 4에서 보는 바와 같이 측정된 총 17종류의 아미노산 중에서 glutamate(6.06 %), aspartate(3.73

**Table 4.** Composition of amino acids in SCP

Item	MW	wg	%
Amino acids			
Aspartate	133	1.86	3.73
Threonine	119	0.78	1.57
Serine	205	0.81	1.63
Glutamate	147	3.03	6.06
Proline	115	0.72	1.44
Glycine	75	0.82	1.64
Alanine	89	1.09	2.19
Cystine	240	0.09	0.17
Valine	117	0.86	1.72
Methionine	149	0.20	0.41
Isoleucine	131	0.78	1.55
Leucine	131	1.21	2.43
Tyrosine	181	0.48	0.96
Phenylalanine	165	0.65	1.31
Histidine	154	0.60	1.19
Lysine	146	1.04	2.08
Arginine	174	0.99	1.97
Crude protein			67.00
True protein			32.05
EAA <sup>1)</sup>			14.23
NEAA <sup>2)</sup>			17.82

1) EAA: essential amino acids

2) NEAA: non-essential amino acids

%), leucine(2.43 %), alanine(2.19 %), lysine(2.03 %) 순으로 많이 함유되어 있었으며 함황 아미노산인 methionine과 cystine은 다른 아미노산보다 함량이 월등히 낮았다. Azzam과 Heikel(1989)에 의하면 *Candida utilis* var. *major* NRRL 1087과 *Paecilomyces variotii*을 이용한 2단계 호기성 배양으로 생산한 SCP의 조단백질 함량이 42 %이었고 methionine과 cystine의 함량이 낮은 것 외에는 FAO 권장 단백질에 준하는 아미노산 성분을 지녔다고 보고했다. Khaled 등(1985)은 쌀겨 hydrolysate 배지에서 생산한 *Candida tropicalis*, *C. lipolytica*, *C. pelliculosa*, *Hansenula anomala*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Rhodotula gracilis*의 아미노산 함량을 조사 보고하였는데 효모 균주들에 의해 생산된 단백질은 영양학적으로 비교적 높은 함량의 필수 아미노산을 가지고 있고 여러 효모의 아미노산 주요 성분은 glutamate, aspartate, leucine, lysine, valine, threonine, serine, alpha-alanine, phenylalanine 순으로 모든 효모에서 다른 아미노산보다 methionine과 histidine의 함량이 더 낮았다. 또한 Rapczynska 등(1988)은 *Candida curvata* D의 아미노산 조성 중 총 lysine량과 필수아미노산량이 풍부하였지만 함황 아미노산의 경우는 부족하였다고 보고하였다. 이와 같이 효모 균주로 생산된 SCP는 일반적으로 함황 아미노산이 제한 아미노산임을 알 수 있다.

## 2. SCP 사양시험

### 1) 증체량

증체량은 Table 5에서 보는 바와 같이 SCP의 대두박 대체효과와 결과를 보면, 성장전반기(0 to 2 weeks)의 증체량에 있어서 대조구와 SCP 처리구간에는 유의적인 차이가 없었다. 그러나, 3주령에 도달하면서 대조구가 SCP 5 %와 10 % 처리구보다 5 % 증가하였다. SCP 15 % 처리구에 대해서도 7 %가 증가하였다. 또한 이러한 현상은 4주령에서 더욱 뚜렷해져 대조구가 SCP 5 % 처리구보다 4 % 증가하였고 SCP 10 % 처리구와 SCP 15 % 처리구에서도 7 %, 8 % 증가하였다. SCP 처리구의 4주령시까지의 증체량을 대조군과 비교해 보면, SCP의 대체 첨가율이 높아질

**Table 5.** Effects of SCP on average body weight gain, feed intake and feed /gain of growing broiler chicks (0 to 4 weeks)

Item	Control	SCP 5%	SCP 10%	SCP 15%
Body weight gain, g				
0 to 1 week	99.1± 8.77 <sup>1</sup>	98.9± 13.20	96.6±13.35	99.4± 8.81
0 to 2 weeks	322.5±26.27	320.6± 33.08	314.9±36.76	314.6±29.27
0 to 3 weeks	612.9±60.12 <sup>a</sup>	583.5± 62.76 <sup>b</sup>	582.9±70.75 <sup>b</sup>	570.5±53.65 <sup>b</sup>
0 to 4 weeks	844.7±82.45 <sup>a</sup>	806.6±102.02 <sup>ab</sup>	786.8±85.69 <sup>b</sup>	777.6±88.97 <sup>b</sup>
Feed intake, g	1404.1±48.22 <sup>a</sup>	1344.0± 38.39 <sup>b</sup>	1319.9± 7.66 <sup>b</sup>	1325.2±49.89 <sup>b</sup>
Feed /gain	1.66	1.67	1.68	1.70

<sup>1</sup>Values are means±SE.

<sup>ab</sup>Values in the same row with different superscripts are significantly different (P < 0.05).

수록 증체량은 저하되는 경향을 보였다. 특히, SCP 10 % 이상의 처리구에서는 대조구보다 약 7~8 % 저하되는 것으로 나타났다(P<0.05).

Shannon 등(1972)은 n-paraffin에서 생산된 yeast를 브로일러에서 어분과 대치하여 10 %까지 사용될 수 있다고 하였으나 이 수준에서는 대조구보다 사료 효율이 저하되었으며 20 % 수준에서는 성장율이 유의하게 감소되었다고 보고하였다. Jassim 등(1986)은 총 192마리의 브로일러에게 SCP 0 %, 12.2 %, 18.2 % 그리고 24.1 %가 들어있는 사료를 1일령부터 43일령까지 급여하였는데 최종체중, 성장율, 사료효율이 사료때문에 유의적인 차이를 보였다고 보고하였다.

또한 Dolbeneva 등(1987)은 Gaprin(천연가스에서 자란 bacteria biomass)의 사료 가치를 평가하기 위해 브로일러를 공시하였다. Gaprin은 가급사료에 있어서 만족스런 사료 단백질원이었고 Gaprin 함유 사료가 급여된 병아리는 기초사료만을 급여한 것보다 비슷한 성장을 보였다고 보고하였다.

SCP 급여시 첨가율이 높을수록 대조구와 비교하여 증체량이 저하되는 경향을 보인 시험 결과는 Edozien 등(1970)과 Waslien 등(1970)과 결과가 유사하였다. 그들은 효모의 nucleic acid 함량이 높기 때문에 섭취량이 많으면 혈중과 뇨의 uric acid 수준이 높아지며 사람의 경우 1일 2 g의 섭취는 영향이 없으나 135 g의 섭취는 혈석증, 조직연화 등의 증상이 나타난다고 보고했다(Waslie 등, 1970). 또한 김춘수와 이남형(1974)도 석유자화 효모에 의한 브로일러 사양시험에서

효모를 첨가함에 따라 serum uric acid가 증가하는 경향이 있으나 0 %와 12 % 처리구간에는 차이가 없고 15 % 첨가시는 두 배나 높은 함량을 나타냈다고 보고하며 증체 성적이 15 % 처리구가 대조구에 비해 약 5 % 낮는데 그것이 uric acid에 의한 성장 억제 현상에 의한 것 같다고 했다. 그러나 Shannon 등(1972)의 효모 20 % 첨가구와 무첨가구간의 혈중 uric acid 함량이 차이가 없어 성장 저하의 원인이 안된다는 보고와 Jassim 등(1986)의 SCP 첨가수준이 조직의 핵산농도에 영향을 미치지 않았다는 보고와는 상이된 결과이었다. 또한 이와 같은 현상은 Table 3에 제시된 바와 같이 SCP를 첨가한 처리구 사료 중의 조지방 함량이 대조구보다 적은 반면에 조회분의 함량은 대조구 사료 중의 함량보다 2배 이상 높고 또한 SCP의 필수 아미노산과 비필수 아미노산의 조성이 대두박에 비하여 떨어지고 필수 아미노산 중 함황 아미노산인 methionine과 cystine의 함량이 타 아미노산보다 낮아 브로일러의 성장에 저해요인으로 작용한 것으로 생각된다.

## 2) 사료 섭취량 및 사료 효율

본 시험의 사료섭취량은 Table 5에서 보는 바와 같이 대조구에 비해 SCP 5 % 처리구에서 4 % 감소하였고 SCP 10 % 처리구와 SCP 15 % 처리구에서도 6 % 감소하였다. 이러한 변화는 특히 SCP의 대체수준이 높을수록 사료섭취량이 유의적으로 감소하는 경향을 보였다(P<0.05).

Halmagyi-Valter 등(1986)은 조단백질 69 %를 가진 single-cell protein 제품인 Pruteen R을 사료에 5 % 첨가하여 어분과 육분이 주단백질원인 대조구 사료와 비교해서 42일령 체중은 증가되었다. 사료효율 역시 개선되었다(2.10 vs 2.26)고 보고하였다.

사료효율은 Table 5에서 보는 바와 같이 대조구에 비해 SCP 처리구가 다소 적었으며, SCP의 첨가수준이 높아질수록 대조구에 비해 사료효율이 약간 감소하는 경향을 보였다. 그러나 대조구와 SCP 처리구간의 사료효율에는 유의적인 차이는 찾아볼 수 없었다.

따라서 SCP 시험결과를 종합하면, 사료 중의 대두박을 SCP로 대체할 경우, 3주령 이후에는 SCP의 첨가수준을 높일수록 대조구에 비해 SCP 처리구의 사료섭취량과 증체율이 감소하게 되고 사료효율도 감소하는 경향을 보였다. 특히, SCP 10 % 이상 처리구는 대조구에 비하여 유의적인 증체량, 사료섭취량, 사료효율의 감소가 공히 인정되고 있으나( $P < 0.05$ ) SCP를 대두박의 5 % 대체하여 급여할 경우에는 브로일러의 생산성에 큰 변화를 주지는 않는 것으로 나타났다.

### 3) 영양소의 소화율

각 시험처리구의 영양소 소화율을 보면 그 성적은 Table 6과 같다. 건물 소화율은 SCP를 첨가하지 않은 대조구에 비해 SCP 처리구가 약 3 % 낮았으며 또한 단백질 소화율은 SCP를 첨가하지 않은 대조구에 비해 SCP 처리구가 약 4 % 낮았다. 그리고 조섬유 소화율과 가용무질소물 소화율도 각각 20~23%, 1~

2 % 낮았다.

대조구와 SCP 처리구간 건물, 조단백질, 조섬유, 가용무질소물의 소화율에 있어서 대조구가 SCP 처리구보다 양호한 것으로 나타났다. 특히 SCP 처리구에 있어서 조섬유의 소화율이 대조구에 비해 현저히 저조하였다. 또한 SCP 처리구간의 건물 소화율, 조단백질 소화율, 가용무질소물 소화율에서 SCP 10 % 처리구가 SCP 타 처리구에 비해 양호하였으나 조섬유 소화율은 SCP 15 % 처리구가 가장 양호하였다.

Petukhova 등(1992)은 사료 효모 1.5 %나 Ga-prin(천연가스에서 배양된 methane acidifying bacteria) 1.0 % 또는 2.0 %를 완전 혼합사료에 첨가해서 육성계에 급여하였다. 사양 시험 결과 DM, 유기물, 단백질 그리고 가용무질소물의 소화율이 9주령과 16주령에 경미하게 저하되었지만 지방과 섬유소의 소화율은 9주령에 증가되었다. Petukhova 등의 실험에서 SCP는 9주령시 질소 축적량에 어떠한 영향도 없었지만 16주령시 질소 축적량은 저하되었다고 보고하였다.

본 사양시험에서는 SCP 처리구의 조단백질에 대한 소화율이 대조구에 비하여 다소 저조하였다. 이와 같은 결과는 SCP 자체의 조단백질 함량이 67 %로 매우 높기 때문에 처리구 사료 내의 총 조단백질 함량은 대조구와 유사한 수준으로 구성되었으나 SCP의 조단백질 함량 중 순단백질이 차지하는 함량은 48 %로서 이용 가능한 단백질이 총 단백질 함량의 절반 정도밖에 되지 못하고 효모 중 보통 건물당 5~12 % 들어있는 nucleic acid의 대사 과정에서 발생한 성장 저해물질인 uric acid의 영향으로 장에서 영양소 흡수를 저해하기 때문에 발생된 것으로 생각된다(Kihlberg, 1972).

### 4) 단백질 효율(Protein efficiency ratio; PER)

각 시험처리구의 단백질 효율을 보면 그 성적은 Table 6과 같다. 브로일러에 대한 이들의 단백질 효율은 대체로 증체성적에 관계가 없었으며 대조구와 SCP 처리구간에는 유의적인 경향을 찾아볼 수 없었다.

**Table 6.** Digestibilities of nutrients in SCP experimental diets (%)

	Control	SCP 5%	SCP 10%	SCP 15%
Digestibilities				
DM	86.0	83.0	83.8	83.7
CP	82.7	79.0	79.8	79.1
Crude fiber	52.2	40.0	40.0	41.7
NFE	89.5	87.9	89.0	88.9
PER <sup>1)</sup>	3.45	3.50	3.47	3.55

<sup>1)</sup>PER: Protein efficiency ratio = Gain in body weight(g) / protein consumed(g)



## 적 요

계분을 기질로 이용하여 생산한 균체 단백질을 배합 사료의 주단백질원인 대두박을 어느 정도 대체할 수 있는가를 알아보고 이들 사료를 브로일러에 급여시 증체량, 사료 섭취량, 사료 효율, 영양소별 소화율에 대하여 조사하였다.

1. SCP의 조단백질 함량은 67 %이었으며 이중 순단백질(true protein) 함량은 32.05 %이었다. 순단백질 함량 중 14.23 %는 필수 아미노산, 나머지 14.24 %는 비필수 아미노산의 질소 함량으로 구성되어 있다.
2. 증체량은 대조구(845g)가 SCP 5 % 처리구(807g)와 SCP 10 % 처리구(787g), SCP 15 % 처리구(778g)보다 많은 것으로 나타났으며 SCP 10 % 처리구와 SCP 15 % 처리구의 증체량은 대조구에 비해 유의적으로 적었다( $P < 0.05$ ).
3. 사료 섭취량은 대조구보다 SCP 처리구(5 %, 10 %, 15 %)에서 유의적으로 적었으며 특히 SCP의 대체비율이 높을수록 사료 섭취량은 유의적으로 저하되는 경향을 보였다( $P < 0.05$ ).
4. 사료 효율은 대조구가 1.66으로서 SCP 5 % 처리구(1.67), SCP 10 % 처리구(1.68)와 SCP 15 % 처리구(1.70)보다 양호하여 SCP를 첨가함으로써 저하되는 경향을 보였으나 대조구와 SCP 처리구(5 %, 10 %, 15 %) 사이에서는 유의성을 찾아볼 수 없었다.
5. 건물, 단백질 및 가용무질소물의 소화율은 대조구와 SCP 처리구(5 %, 10 %, 15 %) 사이에 유사한 경향을 나타냈으나 섬유소 소화율에서는 대조구에 비해 SCP 처리구(5 %, 10 %, 15 %)에서 유의적으로 낮은 경향을 나타냈다.
6. 사료 중의 대두박을 SCP로 대체할 경우, SCP의 첨가비율을 높일수록 사료 섭취량과 증체율이 감소하게 되고 사료 효율도 저하되는 경향을 보였다. 특히, SCP 10 % 이상 처리구는 대조구에 비하여 유의적인 생산성 저하현상이 인정되고 있으나( $P < 0.05$ ) SCP를 대두박의 5 % 대체하여

급여할 경우에는 브로일러의 생산성에 큰 변화를 주지는 않는 것으로 나타났다.

(색인: 균체 단백질, 성장, 성적, 소화율, 육계)

## 인용문헌

- Anthony WB 1970 Feeding value of cattle manure for cattle. *J Anim Sci* 30:274.
- AOAC 1984 Official Methods of Analysis(14th Ed.). Association of Official Analytical Chemists. Washington DC.
- APHA-AWWA-WPCE 1992. Standard method for the examination of water and wastewater. 18th ed AWWA Dencer Co.
- Azzam AM, Heikel YA 1989 Aerobic treatment of molasses distillery waste water and biomass production. *Journal of Environmental Science and Health Part A Environmental Science and Engineering* 24:967-978.
- Bradstreet RB 1965 in *The Kheldahl Method for Organic Nitrogen*. New York: Academic Press
- Dolbeneva EF, Egorov IA 1987 Gaprin in diets for broiler chickens and hens. *Intensifikatsiya ptitsevodstva* 53-66: 7 ref Zagorsk US-SR.
- Duncan DB 1955 Multiple range and multiple F test. *Biometrics* 11:1.
- Edozien JC, Udo UU, Joung VR, Scrimshaw NS 1970 Effects of high levels of yeast feeding on uric acid metabolism of young men. *Nature(London)* 228:180.
- EL-Sabban FF, Bratzler JW, Long TA, Frear DEH, Gentry RF 1970 Value of processed poultry waste as a feed for ruminants. *J Anim Sci* 31:107.
- Halmagyi-Valter T, Toth M, Koczó C, Tegy M, Ludas J 1986 Effect of Pruteen(single cell protein) feeding on rearing indices in hybro end-products. *Seventh European Po-*

- ultry Conference Paris Volume 1 General, genetics, nutrition, posters. unda 492-496: 8 ref World Poultry Science Association.
- Harms RH, Simpson CF, Waldroup PW, Ammerman CB 1968 Citrus pulp for poultry litter and its subsequent feeding value for ruminants. Univ Florida Agr Exp Sta Bull 724 (Technical).
- Henry DP, Thomson RH, Sizemore DJ, O'Leary JA 1976 Study of *Candida ingens* grown on the supernatant derived from the anaerobic fermentation of monogastric animal wastes. Appl Environ Microbiol 31:813-818.
- Jassim AH, Hussain NA, Muhssin AA, Alak BM, Al-Haidary SY 1986 The effect of using single-cell protein on productive performance, level of nucleic acids and histopathological changes of broilers. Journal of Agriculture and Water Resources Research Animal Production 5:275-283.
- Khaled GM, Francis RR, Ramadan ME, Wasef RA 1985 Amino acids content of single-cell protein produced from rice husks hydrolysate medium. Annals of Agricultural Science Ain Shams University 30:63-73.
- Kihlberg R 1972 The microbe as a source of food. Ann Rev Microbiol 26:427-466.
- Lowman BG, Knight DW 1970 A note on the apparent digestibility of energy and protein in dried poultry excreta. Anim Prod 12:525-528.
- Moo-Young M, Chahal DS, Stickney B 1981 Pollution control of swine manure and straw by conversion to *Chaetomium cellulolyticum* SCP feed. Biotechnol Bioeng XXIII:2407-2415.
- Nigam P, Vogel M 1991 Bioconversion of sugar industry by-products-molasses and sugar beet pulp for single cell protein production by yeasts. Biomass and Bioenergy 1:339-345.
- Petukhova EA, Kazhdan VE, Shelest VM, Polyakov SS 1992 Effect of feed mixtures with gaprin on nutrient digestibility, nitrogen retention and histological structure of internal organs in chickens. Biologicheskie priemy povysheniya produktivnosti sel'skokhozyaistvennoi ptitsy 20-27 Moscow Veterinary Academy.
- Rapczynska I, Skorko H, Lewicki C 1988 Protein value of a protein-fat preparation in feeding chickens. Acta - Academiae - Agriculturae - ac - Technicae - Olstenensis, - Zootechnica No 31:155-162.
- SAS 1985 SAS User's Guide: Statistics(5th Ed.). SAS Inst Inc Cary NC.
- Shannon DWF, McNab JM 1972 The effect of different dietary levels of a n-paraffin-grown yeast on the growth and feed intake of broiler chicks. British Poultry Sci 13:267.
- Smith LW, Goering HK, Gordon CH 1971 Nutritive evaluations of untreated and chemically treated dairy cattle wastes. Livestock Waste Management and Pollution Abatement. ASAE 314-318.
- Shuler ML, Roberts ED, Mitchell DW, Kargi F, Austic RE, Henry A, Vashon R, Seeley HWJr 1979 Process for the aerobic conversion of poultry manure into high-protein feedstuffs. Biotechnol Bioeng XXI:19-38.
- Waslien CI, Calloway DH, Margen S, Costa F 1970 Uric acid levels in men fed algae and yeast as protein sources. J Food Sci 35:294-298.
- Yeck RG, Smith LW, Calvert CC 1975 Recovery of nutrients from animal waste. - an overview of existing options and potentials for use in feed. Proc International Symp on Livestock Waste Amer Soc Agr Eng Proc 275:192.
- 김창원, 오태광, 홍석산 1987 돈분을 이용한 고단백사

료(SCP)의 생산에 관한 연구. I. 혐기적 발효를 통한 휘발성 지방산의 생산. 한국영양사료학회지 11(2):125-132.  
김춘수, 이남형 1974 석유자화 효모의 사료적 가치에 관한 연구(I). 한축지 16(2):125-133.  
과학기술처 1988 사료 곡물의 수입절감 기술 개발.

pp. 1-147.  
한국과학기술연구소 1974 단세포단백질(SCP)의 국내 생산에 관한 연구(5). Scale-up data의 작성, 산업규모공장의 기초설계 및 제품의 사료화. pp. 217-267.