

식이중 단백질과 지방수준이 흰쥐의 성장, 질소와 에너지 이용 및 체조성에 미치는 영향

권순형*, 한인규**, 장유경***

*상주농업전문대학 농가정학과

**서울대학교 농과대학 축산학과

***한양대학교 가정대학 식품영양학과

Effect of Dietary Protein and Fat Levels on the Utilization of Nitrogen and Energy and Body Composition in Rats

Soon H Kwon · In K Han · Yu K Chang

*Dept. of Home Economics, Sang Ju Agriculture Junior College

**Dept. of Animal Science, College of Agriculture, Seoul National University

***Dept. of Food and Nutrition, College of Home Economics, Hanyang University

=ABSTRACT=

In order to investigate the effect of dietary protein and fat levels on the growth and the utilization of nitrogen and energy and body composition in rats, Sprague-Dawley 48 male rats of 8 weeks old weighing approximately 215-220g were subjected to feeding trials for 8 weeks and then subsequently to metabolic trials for 2 weeks. Four dietary protein levels(4, 8, 16, 32%) and each protein level contained two fat levels(3.9, 11.7% = 10, 30% of 3600kcal ME/kg) by addition of an appropriate amount of carbohydrate and the following results were obtained.

The body weight gain and food efficiency ratio of the rats to which a diet of 16% protein and 3.9% fat was fed were significantly higher than in either case of 8% protein diet or of 32% protein diet.

The digestibility of protein in the experimental diets was 73.3-93.4%. The digestibility of energy(energy absorption) in the experimental diets was 83.2-91.5%. The utilization of protein and the metabolic energy efficiency in the experimental diets was highest at the diet of 8% protein and 3.9% fat.

The analysis of the body composition after feeding trials for 8 weeks has shown

that the content of body water and protein were not affected by protein and fat levels in diet. The content of body fat in the rats to which 3.9% fat diet was fed was higher than that in those to which 11.7% fat diet was fed.

From the above experimental results it may be suggested that the best formula of diet for the 8 weeks old rats may be composed of the 8% protein and 3.9% fat.

서 론

최근 우리나라는 경제적 문화적 수준이 향상되면서 식생활의 변화와 함께 영양에 대한 관심이 높아지고 있다. 식생활형태는 지역적으로 차이가 있으나 아직도 고탄수화물, 저단백질, 저지방으로 구성된 식사로 거의 비슷한 형태를 보이고 있다¹⁾.

우리나라 국민전체에 대한 열량 영양소별 섭취 구성비의 추이를 보면 탄수화물(70.8), 단백질(15.5), 지방(13.7)이다²⁾. 우리나라는 인구밀도가 높은 지역으로서 식생활이 향상되었다고하나, 단백질은 동물성보다는 식물성 식품에서의 섭취율이 매우 높았다. 또한 동물성 식품의 섭취율은 전국(17.44%), 대도시(22.01%), 중소도시(18.93%), 농촌(12.27%)로 지역간에 큰 차이를 보였다³⁾. 우리나라 국민의 영양섭취상태에 관한 조사보고⁴⁾와 영양실태조사⁵⁾에서도 보여준것과 같이 단백질 섭취에 있어 양과 질에 문제가 있다는 것을 알게 되었다.

한편 대도시의 일부지역에서는 식생활의 서구화로 동물성 단백질의 섭취량이 상당히 증가되었으며, 새로운 정제 가공식품을 먹을 기회가 많아져 특히 지방의 섭취량이 증가되며, 따라서 총 에너지의 섭취량도 필요이상으로 초과 되는등 영양소 섭취에 불균형을 가져오게 되었다⁶⁾⁷⁾. 특히 지방과 총에너지의 섭취량이 필요이상으로 초과되면 체중과다 및 비만현상이 증가되어 성인병의 발생시기도 빨라졌다고 했다⁸⁾⁹⁾.

이와같은 현상은 국민체위와 건강에 크게 영향

을 주는 영양지식이 경제, 사회 문화의 변화와 균형을 이루지 못하므로써 여러가지 영양분제가 발생되므로 이에 관한 많은 연구가 요구되고 있다¹⁰⁾.

따라서 본 연구에서는 NRC 사양(飼養) 표준치에 근거를 두어 단백질과 지방수준에 변화를 준 식이가 생후 8주된 흰쥐의 성장, 단백질의 이용, 에너지의 이용, 체성분에 미치는 영향을 검토하여 국민영양지도에 기초자료를 얻고자 한다.

실험재료 및 방법

1) 실험동물 및 실험설계

Sprague-Dawley계 흰쥐 숫컷의 체중이 215~220g 되는 것으로 48마리를 다음과 같은 식이로 사육했다. NRC(1980) 사양(飼養) 표준에 준하여 식이 에너지는 3600Kcal/kg(Metabolizable Energy:ME)로 동일하게하고, 단백질은 4, 8, 16, 32%(casein 4.8, 9.6, 19.2, 38.4wt%)의 4수준으로하고 지방은 3.9%(총에너지의 10%)와 11.7%(총에너지의 30%)의 2수준으로 했다. 실험구는 4×2의 요인실험으로 설계하여 모두 8처리를 두었다. 지방수준에 관계없이 단백질수준의 평균치와 단백질수준에 관계없이 지방수준의 평균치를 각각 실험군으로 표현했다. 사양실험(飼養實驗)은 처리당 6마리씩으로 했으며 대사실험(代謝實驗)은 처리당 3반복, 반복당 1마리씩으로하여 완전 임의 배치법에 의하여 배치했다.

2) 실험식이

본 실험에 사용된 식이는 시판되고 있는 casein,

옥수수전분, glucose, α -cellulose, 콩기름과 실험실에서 혼합한 vitamin과 mineral mixture 를 사용했으며 실험식이의 배합비율은 Table 1 에서 보는 바와 같다.

3) 조사항목

식이중 포함된 단백질과 지방의 배합비율이 성장한 흰쥐의 생체에 미치는 영향을 알기위하여, 증체량, 식이섭취량, 식이효율, 단백질효율, 질소 평형, 질소축적율, 에너지소화율, 에너지이용율, 체성분 등이다.

4) 사양관리

생후 8주령되는 숫쥐 48마리를 3단철제 cage에

1마리씩 배치하여 실내온도 및 습도는 일정하도록 조절했다. 전실험기간은 8주였으며, 물과 식이를 자유로이 먹게했으며, 주 1회 일정한 시간에 체중과 식이섭취량을 측정했다.

5) 대사실험

사양실험 종료후 각 처리구에서 3마리씩 선택하여 대사 cage에 1마리씩 옮겨 1주일간의 적응기간을 둔 후 3일간의 예비기간과 4일간의 뇨와 분의 채취기간을 두었다. 분은 전분체취법(total collection method)에 따라 1일 1회 수거하여 정량한 후 분쇄하여 보관했다. 뇨는 묽은 황산(0.15N)을 10ml씩 담은 병에 수집하여 정량한 후 냉각고에 보관해 두었다가 수집완료후 분석했다.

Table 1. Formula of experimental diets

Ingredient	Protein 4%		8%		16%		32%		
	Fat	3.9%	11.7%	3.9%	11.7%	3.9%	11.7%	3.9%	11.7%
Casein		4.8	4.8	9.6	9.6	19.2	19.2	38.4	38.4
Soybean oil		3.9	11.7	3.9	11.7	3.9	11.7	3.9	11.7
Corn starch		73.13	53.41	67.80	48.08	57.15	37.43	35.84	16.12
Glucose		10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
Cellulose		2.17	14.09	2.7	14.62	3.75	15.67	5.86	17.78
*Vit. mix.		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
**Min. mix.		5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Total		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Protein 4% ;(casein 4.8wt%) Protein 8% ;(casein 9.6 wt%)

Protein 16% ;(casein 19.2wt%) Protein 32% ;(casein 38.4wt%)

Fat 3.9% ; (10% of 3600 kcal ME/kg) Fgt 11.7% ; (30% of 3600 kcal ME/kg)

* Vitamin mixture: (in IU or milligrams per gram of mixture): Vitamin A, 400,000IU; Vitamin D, 2.5mg; Vitamin E, 5,000IU; Vitamin K, 5.0mg; Thiamin, HCl 600mg; Riboflavin;600mg; Pyridoxine, HCl, 700mg; Niacin, 300mg; Ca. Pantothenate, 1600mg; Folic acid, 200mg; Biotin, 20mg; Cyanocobalamin, 1mg; Choline, HCl, 200g, and Cellulose to make 1kg.

**Mineral mixture (%/kg of min. mix): NaCl, 13.945; KI, 0.079; H₂PO₄ 38.9; MgSO₄ · 7H₂O, 5.73; CaCO₃, 38.14; FeSO₄ · 7H₂O, 2.70; MnSO₄ · H₂O, 0.401; ZnSO₄ · 7H₂O, 0.055; CaSO₄ · 5H₂O, 0.048; CaCl₂ · 6H₂O, 0.002.

Energy value used: Casein 83.52 4051(analysed). NRC-NAS(1971)
Soybean oil - 9240. Renner and Hill(1958), Young(1961)
Corn starch - 3650
Glucose - 3760

6) 일반성분 분석 및 에너지 측정

식이, 분 뇨의 일반성분은 AOAC¹¹⁾에 의하여 분석했고, 에너지측정은 Automatic bomb calorimeter(Model CA-3, Shimatzu)를 사용했으며, 뇨에너지는 한¹²⁾에 의하여 제안된 회귀식계산치를 이용했다.

7) 도체(carcaass)의 분석방법

실험개시기와 사양(飼養)실험 종료후 대사실험(代謝實驗)에 쓰이는 동물을 제외한 나머지를 사용했다. 도살하기전 12시간 절식시킨 후 ethyl ether로 마취시킨 후 경동맥을 절단하여 혈액을 채취했다. 간을 제외한 도체를 알미늄호일에 싸서 냉동시켰다. 냉동된 도체를 얇게 썰어서 열풍건조기로 80℃에서 48시간 건조시킨 다음 soxhlet 방법에 의하여 도체의 지방을 측정했다. 지방을 제거하고 남은 것을 다시 건조시킨 후 분쇄하여 도체의 일반성분을 분석했다⁴⁾.

8) 통계분석

본 실험에서 얻어진 결과는 LISA 3000 computer program을 이용하여 처리했다. 통계처리중 평균간 비교는 Steel과 Torrie¹³⁾에 의한 LSD(Least Significant Difference) 검정방법을 이용했다. 각 지방수준에서 단백질수준의 변화에 따른 실험구에서 얻어진 결과에 대하여는 1%수준에서 통계적 유의 차이를 보았으며, 단백질수준의 평균치나 지방수준의 평균치를 의미하는 실험군에서 얻어진 결과에 대하여는 5%수준에서 통계적 유의차이를 보았다. 또한 단백질이나 지방이 각각 조사항목에 미치는 영향이나, 단백질과 지방의 상호작용효과에 대하여 통계적 차이를 보았다.

결과 및 고찰

1) 증체량, 식이섭취량, 식이효율 및 단백질효율

생후 8주령된 Sprague-Dawley계 숫쥐에게 단백질과 지방수준을 각각 다르게 처리한 8가지 실험식으로 8주간 자유급식을 통해 얻어진 사양실험 결과는 Table 2에서 보는 바와 같다.

(1) 증체량

실험식이에 따른 증체량은 지방 3.9%수준에서는 단백질 16%까지 뚜렷하게 증가했고($p < 0.01$), 단백질 16%에서 221g으로 가장 높은 증체량을 보였는데 이와같은 경향은 지방 11.7%수준에서도 볼 수 있었다. 그러나 지방 11.7%수준에서는 단백질 8%에서의 증체량이 152g으로 단백질 4%에서의 86g보다 뚜렷하게 높게 나타났으나($p < 0.01$)그 이상의 단백질수준에서는 뚜렷한 증가를 보이지 않았다. 단백질 16%에서 지방수준에 따른 증체량을 비교해 보면 지방 3.9%일때의 증체량이 지방 11.7%일때의 증체량보다 약 30%나 더 높았으며 단백질수준에 관계없이 증체량은 지방 3.9% 실험군에서 143g이었으며, 지방 11.7% 실험군에서 132g으로 보아 지방 11.7%보다 3.9%의 식이가 증체량에 더 좋은 효과를 주었다고 생각된다. 지방수준에 관계없이 단백질수준군별로 보면 단백질 16% 실험군까지는 증체량이 뚜렷하게 증가했으나($p < 0.05$), 단백질 32% 실험군에서는 오히려 감소되었다. 식이중 단백질수준이 증체량에 미치는 효과($p < 0.01$)와 단백질과 지방수준간의 상호작용이 증체량에 미치는 효과($p < 0.05$)도 인정되었다.

이상으로 식이 에너지를 3600Kcal ME/kg으로 동일하게 했을때 단백질 16%에서 증체량이 가장 높았으나 단백질 32%에서 오히려 감소현상을 보였는데 이것은 어느 수준이상이므로 식이 단백질 함량이 많아지면 증체량이 감소되었다고 하는 연구와도 비슷한 결과를 보였다¹⁴⁻¹⁶⁾.

(2) 식이섭취량

식이섭취량은 Table 2에서 보는 바와 같은 식이중 포함된 단백질이나 지방의 배합비율이 다르더라도 처리간에 뚜렷한 차이는 보이지 않고 비

- 식이중 단백질과 지방수준이 흰쥐의 성장, 질소와 에너지 이용 및 체조성에 미치는 영향 -

숫하게 나타났다. 본 연구에서 얻어진 결과는 식이단백질 30%까지는 식이섭취량도 증가했다고한 결과¹⁷⁾¹⁸⁾나 생후 3주령된 쥐에서 식이단백질을 22% 이상 증가시키면 오히려 식이섭취량이 감소되

었다는 결과¹⁶⁾와 일치하지 않았다. 이것은 본 실험에서 쓰인 실험동물은 생후 8주령된, 체중이 215-220g되는 쥐이므로 어느 정도 성장이 완료되어 가고 있는것과 식이중 에너지수준이 동일했으

Table 2. Performance data of male rats fed various levels of protein and fat(0-8 weeks)

Items	Fat(%)	Protein (%)				Average
		4	8	16	32	
Initial weight(g)	3.9	216.8	221.3	220.8	220.5	
	11.7	219.3	221.3	221.2	219.0	
Final weight(g)	3.9	303.3	345.0	425.4	370.2	
	11.7	305.3	374.0	385.0	354.1	
Total weight gain(g)	3.9	86.5±25.68 ^a	123.7±20.78 ^b	211.4±15.82 ^c	149.7±99 ^b	142.8±50.11 ^A
	11.7	86.0±35.24 ^a	152.6±40.34 ^b	159.0±19.23 ^b	130.7±23.08 ^b	132.1±40.91 ^A
	Average	86.3±29.40 ^A	138.2±34.13 ^B	185.2±32.13 ^C	140.0±21.37 ^B	
	P	Protein ; 0.01,	Fat ; NS,	Protein X Fat ; 0.05		
Total food intake(g)	3.9	1152.2±85.24 ^a	1143 ±105.0 ^a	1259.8±114.0 ^a	1085.1±108.4 ^a	1160 ±112.3 ^A
	11.7	1149.6±134.0 ^a	1161.6±106.0 ^a	1053.3±88.75 ^a	1104.8±49.09 ^a	1117.3±102.5 ^A
	Average	1150.9±112.7 ^A	1152.5±101.0 ^A	1156.6±130.9 ^A	1095.0±80.86 ^A	
	P	Protein ; NS,	Fat ; NS,	Protein X Fat ; NS		
Food efficiency ratio (FER)	3.9	0.07±0.02 ^a	0.11±0.02 ^b	0.17±0.01 ^c	0.14±0.02 ^{bc}	0.12±0.04 ^A
	11.7	0.07±0.03 ^a	0.13±0.05 ^b	0.15±0.01 ^b	0.12±0.03 ^b	0.12±0.04 ^A
	Average	0.07±0.03 ^A	0.12±0.04 ^B	0.16±0.02 ^C	0.13±0.02 ^B	
	P	Protein ; 0.01,	Fat ; NS,	Protein X Fat ; NS		
Total protein intake(g)	3.9	57.96	98.56	207.49	350.06	
	11.7	53.23	97.57	173.69	367.58	
Protein efficiency ratio (PER)	3.9	1.49±0.5 ^a	1.25±0.2 ^a	1.02±0.09 ^b	0.43±0.05 ^c	1.05±0.5 ^A
	11.7	1.62±0.7 ^a	1.56±0.6 ^a	0.92±0.08 ^b	0.36±0.08 ^c	1.12±0.7 ^A
	Average	1.56±0.68 ^A	1.41±0.46 ^A	0.97±0.11 ^B	0.40±0.08 ^C	
	P	Protein ; 0.01,	Fat ; NS,	Protein X Fat ; NS		

*Different small superscripts represent significant difference (p < 0.01) in the row.

*Different large superscripts represent significant difference (p < 0.05) at the average.

*The number of rat in each treatment is 6.

*Mean±S.D.

*P ; Probability.

로 식이에 포함된 단백질과 지방의 배합비율이 식이섭취량에 별로 영향을 주지 않았던 것으로 생각된다.

(3) 식이효율

식이효율은 (Table 2) 증체량과 동일한 경향을 보여 지방 3.9% 수준에서는 단백질 16%까지는 증가했고 ($p < 0.01$) 지방 11.7%에서는 단백질 4%에서 가장 낮았으나 단백질 8%와 그 이상의 단백질 수준에서는 식이효율에 통계적 유의차가 없었다. 이와같은 결과는 casein 18-20% 수준에서 최대 성장 및 식이효율을 볼 수 있었다는 결과와¹⁹⁾ 단백질 35% 수준에서의 식이효율은 단백질 15~25%에서 보다 감소되었다는 결과¹⁶⁾와도 비슷한 경향을 보였다. 그러므로 어느 수준이상이 단백질을 급여하면 오히려 식이효율이나 체중의 감소현상이 나타나는 것으로 생각된다. 식이효율은 단백질 4% 수준에서 뚜렷하게 낮은 것으로 보아 단백질 8% 이상 급여되어야 하며 단백질 수준이 식이효율에 미치는 효과도 인정되었다 ($p < 0.01$).

(4) 단백질효율

단백질효율은 (Table 2) 식이단백질수준이 증가될 때 뚜렷하게 감소했으나 ($p < 0.01$) 단백질 4%와 8% 사이에는 유의차가 없었으며, 지방수준에 따라서도 차이가 없었다. 단백질효율에 대한 요인효과를 보면 식이단백질이 단백질효율에 미치는 효과는 인정되었으나 ($p < 0.01$) 지방이나, 단백질과 지방과의 상호작용효과는 없었다.

본 연구에서의 단백질효율은 Bunce¹⁹⁾ 등은 casein 10~20%에서 단백질효율이 3.5~4.0보다 낮은 수치를 보였던 것은 실험기간이나, 실험동물의 주령에 의한 것으로 보인다. 식이중 단백질수준이 증가됨에 따라 단백질효율이 점차로 감소되는 경향을 보였는데, 어린 쥐에 있어 단백질수준이 8~10%를 초과하게 되면 단백질이용이 낮아진다고 한 결과와²⁰⁾²¹⁾ 식이중 에너지가 같을 때 단백질 수준이 증가할수록 단백질효율이 감소된다고 한 연

구결과와도 일치했다²²⁻²⁵⁾.

2) 질소축적을

생후 8주된 숫쥐의 체내에서의 단백질이용에 대한 실험결과는 Table 3에서 보는 바와 같이 질소의 섭취량은 식이중의 단백질 섭취량에 따라 큰 차이가 있었다. 분으로 배설되는 질소의 양은 지방 3.9% 수준에서 단백질 4% 식이에서 가장 낮았으며 ($p < 0.01$) 단백질 8%와 그 이상의 단백질에서는 차이가 없었다. 지방 11.7% 수준에서도 비슷한 경향을 보인 것으로 보아 지방수준에 따라 영향은 받지 않는 것으로 생각된다. 그러나 단백질 수준이 4%에서 32%로 증가되었을 때 분으로 배설되는 질소의 양은 31.9~87.3mg/day로 약 2.7배 정도 높았다. 질소의 소화율은 73.3~93.4% 였는데 식이중 단백질의 수준이 증가할수록 질소의 소화율도 함께 증가하는 경향이 있었다. 그러나 장²⁶⁾은 3주령된 쥐에게 단백질수준을 13~35%까지 증가시켜주었을 때 질소의 소화율은 87~95% 였던 것보다 상당히 낮았는데 이것은 본 실험에서 사용된 실험동물은 생후 8주령된 쥐로 8주일 동안 사양실험을 마친 후 대사실험에 들어 갔을 때에는 9주가 되었으므로 생후 17주나 되었기 때문에 질소의 소화율에 영향을 주는 것으로 생각된다. 뇨로 배설되는 질소의 양은 단백질 4%에서는 52mg/day로 가장 적었으나 단백질 32%에서는 437mg/day로 가장 많았는데 이것으로 보아 단백질의 수준에 따라서 크게 영향을 미치나 ($p < 0.01$), 지방수준에 따라서는 아무런 영향을 받지 않았다. 질소평형은 식이중 단백질수준이 증가할수록 상당한 질소의 양이 축적되었는데 식이단백질이 4%, 8%, 16%, 32%로 증가될 때 지방수준에 관계없이 체내에 축적되는 평균 질소의 양은 각각 65mg/day, 112 mg/day, 577mg/day로 증가했다. 식이중 단백질수준이 증가되면서 체내에 축적되는 질소의 양은 증가되었으나 단백질 32%에서 체중 (Table 2)이 오히려 감소되었는데 체내에 남아있는 질소가 어떻게 이

용되는지에 관하여 더 많은 연구가 요구된다. 질소축적율은 36.1~52.7%였으며 식이중 단백질수준이 증가함에 따라 일정한 경향을 보이지 않았으며 지방 3.9%에서는 단백질 8%에서 가장 낮았으

나 지방 11.7%에서는 단백질 4%에서 가장 낮았다. 식이중 지방수준에 따라서도 질소축적율에 차이가 없었다.

Table 3. Nitrogen balance data of male rats fed various levels of protein and fat (at 9 weeks)

Items	Fat (%)	Protein (%)				Average
		4	8	16	32	
Nitrogen intake (mg/day)	3.9	146.5	287.3	506.2	1246.9	
	11.7	164.3	281.1	596.2	997.5	
Fecal nitrogen (mg/day)	3.9	31.9±6.33 ^a	76.8±21.63 ^b	69.1±7.46 ^b	82.5±11.58 ^b	65.1±23.51 ^A
	11.7	40.5±12.10 ^a	53.9±11.13 ^{ab}	67.8±17.97 ^b	87.3±20.16 ^b	62.4±22.5 ^A
	Average	36.2±9.83 ^A	65.4±19.85 ^B	68.5±12.33 ^B	84.9±14.94 ^C	
	P	Protein ; 0.01,	Fat ; NS,	Protein X Fat ; NS		
Digested nitrogen (mg/day)	3.9	114.6	210.5	437.1	1164.4	
	11.7	123.9	227.2	528.4	910.2	
% of nitrogen intake	3.9	78.2	73.3	86.3	93.4	
	11.7	75.4	80.8	88.6	91.2	
Urinary nitrogen (mg/day)	3.9	52.4±5.29 ^a	109.7±37.79 ^a	208.6±16.07 ^b	436.7±58.37 ^c	201.1±156.2 ^A
	11.7	57.1±7.00 ^a	108.1±68.43 ^a	231.9±39.95 ^b	384.2±40.24 ^c	195.3±137.3 ^A
	Average	54.8±6.12 ^A	108.9±49.45 ^B	220.3±30.08 ^C	410.5±53.22 ^D	
	P	Protein ; 0.01,	Fat ; NS,	Protein X Fat ; NS		
Nitrogen balance (mg/day)	3.9	62.2	103.8	228.5	627.7	
	11.7	66.7	119.1	296.5	526.0	
Nitrogen retention (%)	3.9	43.1±5.1 ^{ab}	36.1±6.8 ^b	47.9±12.1 ^a	50.3±4.1 ^a	44.4±8.68 ^A
	11.7	40.7±7.7 ^a	43.9±6.5 ^{ab}	48.3±6.2 ^{ab}	52.7±3.4 ^b	46.7±7.08 ^A
	Average	41.9±5.99 ^A	40.0±7.34 ^A	48.1±8.60 ^{AB}	51.5±3.59 ^B	
	P	Protein ; 0.05,	Fat ; NS,	Protein X Fat ; NS		

*Different small superscripts represent significant difference ($p < 0.01$) in the row.

*Different large superscripts represent significant difference ($p < 0.05$) at the average.

*The number of rat in each treatment is 3.

$$\text{Nitrogen retention} = \frac{\text{Nitrogen balance}}{\text{Nitrogen intake}} \times 100$$

*Mean±S.D.

3) 에너지이용율

식이중 단백질과 지방수준의 배합 비율이 식이의 에너지 이용에 영향을 주는 결과는 Table 4에 서와 같다.

총에너지 섭취량은 지방 3.9%에서는 단백질수

준의 증가에 따라 일정한 경향을 보이지 않았으나 지방 11.7%에서는 식이 단백질 16%까지는 증가했다가 단백질 32%에서는 감소되었다. 특히 식이 단백질 32%의 총에너지 섭취량이 지방 3.9%에서 보다 11.7%에서 낮았던 것은 식이중 탄수화물의 포함량이 적었기 때문이 아닌가 사려된다. 분

Table 4. Distribution of food energy of male rats fed various levels of protein and fat (at 9 weeks)

Items	Fat (%)	Protein (%)				Average
		4	8	16	32	
Gross energy intake (Kcal/day)	3.9	65.6	73.2	71.6	85.8	
	11.7	69.6	74.9	86.7	67.9	
Fecal energy (Kcal/day)	3.9	7.3±3.15 ^a	8.5±3.15 ^a	10.3±2.10 ^a	10.4±0.30 ^a	9.1±2.51 ^A
	11.7	11.3±3.03 ^a	6.4±2.40 ^b	13.0±2.70 ^a	11.4±1.15 ^a	10.5±3.31 ^A
	Average	9.3±3.53 ^{AB}	7.5±2.75 ^A	11.7±2.62 ^B	10.9±0.92 ^B	
	P	Protein; 0.05,		Fat; NS,	Protein X Fat; NS	
Digestible energy (Kcal/day)	3.9	58.3	64.7	61.3	75.4	
	11.7	59.0	68.5	73.7	56.5	
Digestibility (%) (DE/GE %)	3.9	88.9	88.4	85.6	87.9	
	11.7	84.8	91.5	85.0	83.2	
Urinary energy (Kcal/day)	3.9	1.3±0.30 ^a	2.0±0.25 ^a	2.7±0.44 ^a	3.4±1.22 ^a	2.4±1.00 ^A
	11.7	1.2±0.20 ^a	2.5±0.17 ^{ab}	5.8±1.58 ^b	8.4±5.37 ^c	4.5±3.79 ^B
	Average	1.3±0.23 ^A	2.3±0.35 ^{AB}	4.3±1.98 ^{BC}	5.9±4.43 ^C	
	P	Protein; 0.01,		Fat; 0.05,	Protein X Fat; NS	
Metabolizable energy (Kcal/day)	3.9	57.0	62.7	58.6	72.0	
	11.7	57.8	66.0	67.9	48.1	
Energy retention (ME/GE%)	3.9	86.9±3.60 ^a	87.4±2.80 ^a	81.8±3.60 ^a	83.9±3.40 ^a	85.0±3.73 ^A
	11.7	83.0±0.60 ^{ab}	88.1±0.60 ^a	78.3±1.40 ^b	70.8±0.30 ^c	80.1±7.34 ^B
	Average	85.0±5.47 ^A	87.8±1.85 ^A	80.1±3.11 ^B	77.4±7.49 ^B	
	P	Protein; 0.01,		Fat; 0.01,	Protein X Fat; 0.01	

*Different small superscripts represent significant difference (p < 0.01) in the row.

*Different large superscripts represent significant difference (p < 0.05) at the average.

*The number of rat in each treatment is 3.

*Mean±S.D.

으로 배설되는 에너지양은 단백질수준에 따라 뚜렷한 차이는 없었으나, 지방수준에 관계없이 단백질 16%와 32% 실험군에서의 분으로 배설되는 에너지의 양은 단백질 8% 실험군에서 보다 높았다($p < 0.05$). 그러나 지방수준에 따라 분으로 배설되는 에너지에 미치는 영향은 없었다. 에너지소화율은 83.2-91.5%였으며, 단백질수준이나 지방수준에 따라서 에너지소화율에 큰 차이가 없었다. 뇨로 배설되는 에너지의 양은 지방 3.9%에서 단백질수준에 따라 증가하는 경향이였으나, 지방 11.7%에서는 단백질 수준이 증가함에 따라 뇨로 배설되는 에너지의 양은 뚜렷하게 증가되었다($p < 0.01$). 단백질수준에 관계없이 뇨로 배설되는 에너지의 양은 지방 11.7% 실험군에서는 4.5Kcal/day로서 지방 3.9% 실험군에서의 2.4Kcal/day 보다 유의적으로 높았다($p < 0.05$). 이것은 뇨로 배설되는 질소의 양에는 큰 차이가 없었으나 뇨로 ketone bodies가 배설되기 때문이 아닌가 사려된다. 대사에너지는 48.1~67.9Kcal/day로 지방수준에 관계없이 단백질 8% 실험군까지 증가하다가 그 이상의 단백질수준에서는 감소했다. 에너지 이용율은 70.8~88.1%였으며 지방 3.9%수준에서 단백질수준에 따라 통계적 유의차가 없었고, 지방 11.7% 수준에서 단백질 8%에서는 단백질 16%와 32%에서보다 에너지이용율이 뚜렷하게 높았다($p < 0.01$). 따라서 지방수준에 관계없이 단백질 4%와 8% 실험군에서 에너지이용율이 뚜렷하게 높았으나 그 이상의 단백질수준에서 오히려 감소되었으며($p < 0.05$), 단백질수준에 관계없이 지방 3.9% 실험군의 에너지이용율은 85.0%였는데 지방 11.7% 실험군에서는 80.1%로 보아 식이에너지를 동일하게 했을 때 지방 11.7%식이보다 지방 3.9%식에서 에너지이용율이 더욱 높은 것으로 나타났다($p < 0.05$). 이것은 식이중 지방함량이 높으면 뇨로 ketone bodies의 배설이 증가될것으로 보아 에너지이용율이 뚜렷하게 낮아졌다고 사려된다.

이상의 결과로 보아 식이중 단백질 8%와 지방

3.9%에서 에너지이용율이 높은것으로 사려되며, 에너지이용율에 대한 단백질의 효과($p < 0.01$)와 지방에 대한 효과($p < 0.01$)가 뚜렷하게 나타났으며 단백질과 지방 상호작용효과에도 유의성이 인정되었다($p < 0.01$).

4) 체성분

체조성에 대한 분석결과 Table 5에서 보는 바와 같이 실험개시기의 평균 체조성은 체수분 68.2%, 체단백질 21.0%, 그리고 체지방은 6.8%였다. 각 실험식이 체조성에 미치는 효과를 실험개시기의 것과 비교해 볼때 모든 처리에서 체수분의 감소와 체지방의 증가현상이 나타났는데, Nakagawa²⁷⁾등은 생후 3주령된 쥐에게 casein 10, 20, 30% 식이를 50주령이 되도록 먹었을때, 식이 단백질 함량에 관계없이 주령이 많아짐에 따라 체수분의 함량은 감소되고 체지방의 함량은 증가되었다고한 것과 같았다. 체단백질은 거의 차이가 없었다.

식이중 단백질과 지방수준의 변화에 따른 체수분의 함량은 지방 3.9%에서 단백질 4%에서는 단백질 8%보다 높았으며($p < 0.01$), 지방 11.7%에서는 차이를 나타내지 않았다. 이것은 Ozcelci²⁸⁾등은 체중이 250g되는 숫쥐에게 casein을 10, 20, 30%로 증가시켰을때 체수분함량이 감소되었다는 것과 다른 결과를 보였다. Edzien²⁹⁾은 식이중 지방수준이 증가할수록 체수분이 감소되었다는것과는 달리 본 실험에서는 지방수준에 따라 체수분함량에 거의 차이가 없었다.

따라서 식이중 단백질과 지방이 각각 체수분함량에 미치는 효과와 단백질과 지방의 상호작용이 체수분함량에 미치는 효과는 인정되지 않았다.

체단백질함량은 식이중 단백질수준에 따라 일정한 경향을 찾을수 없었으며 20.2~21.9%로 거의 차이를 보이지 않았는데 이것은 장³⁰⁾의 결과와도 같았다. 또한 체단백질함량은 식이중 지방수준에 따라서도 아무런 영향을 받지않았는데 그 이유는 충분한 양의 에너지를 공급 받았다는 것과 성장이 어느

Table 5. Carcass composition of male rats fed various levels of protein and fat (%)

	Fat (%)	Protein (%)				Average	Initial carcass composition (%)
		4	8	16	32		
Final weight (g)	3.9	303.3	345.0	425.4	370.2		
	11.7	305.3	374.0	385.0	354.1		
Total weight gain (g)	3.9	86.5±25.68 ^a	123.7±20.78 ^b	211.4±15.82 ^c	149.7±99 ^b	142.8±50.11 ^A	
	11.7	86.0±35.24 ^a	152.6±40.34 ^b	159.0±19.23 ^b	130.7±23.08 ^b	132.1±40.91 ^A	
	Average	86.3±29.40 ^A	138.2±34.13 ^B	185.2±32.13 ^C	140.0±21.37 ^B		
	P	Protein ; 0.01,		Fat ; NS,	Protein X Fat ; 0.05		
Moiture (%)	3.9	64.8±1.66 ^a	61.8±0.38 ^b	63.6±0.04 ^{ab}	63.0±0.90 ^{ab}	63.3±1.38 ^A	
	11.7	65.7±1.90 ^a	65.5±1.57 ^a	64.1±0.05 ^a	63.7±3.10 ^a	64.8±1.97 ^A	
	Average	65.3±1.67 ^A	63.7±2.25 ^A	63.9±0.71 ^A	63.4±2.09 ^A		68.2
	P	Protein ; NS,		Fat ; NS,	Protein X Fat ; NS		
Protein (%)	3.9	21.9±1.76 ^a	20.2±0.15 ^b	21.7±0.23 ^a	21.5±0.34 ^{ab}	21.3±0.84 ^A	
	11.7	21.3±0.25 ^{ab}	21.2±0.46 ^{ab}	20.2±0.15 ^b	22.3±0.65 ^a	21.3±0.86 ^A	
	Average	21.8±1.17 ^{AB}	20.7±0.23 ^A	21.0±0.85 ^{AB}	21.9±0.18 ^B		21.0
	P	Protein ; NS,		Fat ; NS,	Protein X Fat ; NS		
Fat (%)	3.9	9.7±1.53 ^a	15.9±0.25 ^b	10.6±0.006 ^a	11.6±1.07 ^a	12.0±2.59 ^A	
	11.7	8.5±0.06 ^a	12.8±3.87 ^b	10.8±0.93 ^{ab}	10.8±1.43 ^{ab}	10.7±2.34 ^B	
	Average	9.1±1.19 ^A	14.4±2.96 ^C	10.7±0.59 ^{AB}	11.2±0.82 ^B		6.8
	P	Protein ; 0.01,		Fat ; 0.05,	Protein X Fat ; NS		

*Different small superscripts represent significant difference (p < 0.01) in the row.

*Different large superscripts represent significant difference (p < 0.05) at the average.

*The number of rat in each treatment is 3.

*Mean±S.D.

정도 둔화된 시기이기 때문이라 생각된다. 그러나 식이중 에너지는 동일하더라도 그안에 포함된 단백질 수준에 따라 증체량에 영향을 주어 단백질 16%에서 증체량이 가장 높았으나 도체무게에 대한 체단백질함량의 백분율에는 큰 차이가 없었다. 또한 단백질 32%에서는 증체량이 단백질 16%에서보다 감소되었음에도 불구하고 도체무게에 대한 체단백질의 백분율은 단백질 16% 식이와 차이가 없었다. 따

라서 체단백질함량은 체중에 의해서 영향을 받지 않는다고한 McCracken²¹⁾과도 일치했다. 식이중 단백질과 지방의 상호작용이 체단백질함량에 미치는 효과는 인정되지 않았다.

체지방함량은 식이중 지방수준이 3.9%나 11.7%일때 모두 단백질 4%에서 가장 적었던 반면 단백질 8%에서는 가장 많았으나(p<0.01) 나머지 단백질 수준에서는 차이가 없었다. Ozela²⁸⁾은 casein

10% 식이에서 보다는 casein 20, 30%에서 체지방이 훨씬 증가되기는 했으나 casein 20%에서 30%로 증가된다고 하더라도 체지방함량에는 거의 차이가 없었다고한것과 비슷한 결과를 보였다. 또한 체지방함량을 식이 단백질 4% 실험군에서 가장 낮았으며 단백질 8% 실험군에서 가장 높았으나 ($p<0.01$) 단백질 16%와 32% 실험군사이에는 차이가 없었다. 식이 지방이 체지방함량에 미치는 효과는 ($p<0.05$) 인정되었으나, 지방수준간에는 유의차가 인정되지 않았다. 식이중 포함된 단백질과 지방의 상호작용이 체지방함량에 미치는 영향은 인정되지 않았다.

요약 및 결론

본 실험에서는 Sprague-Dawley 계 숫쥐, 체중이 215-220g되는 것으로 48마리를 사용했다. NRC 사양표준에 준하여 에너지; 3600Kcal/day (ME)으로 동일하게 하고, 단백질; 4%(casein 4.8wt/wt%), 8%(casein 9.6%), 16%(casein 19.2%) 32%(casein 38.4%)의 4수준과 지방; 3.9%(총에너지의 10%), 11.7%(총에너지의 30%)의 2수준으로 실험했다. 식이중 단백질과 지방의 배합비율이 체중, 질소의 이용, 및 에너지 이용, 체조성에 어떻게 영향을 미치고 있는지를 알고자 실시했다.

1) 성장 및 식이효율은 단백질 16%, 지방 10% 처리구에서 가장 높았으며 단백질 4%처리구가 다른 처리구에 비하여 성장율이 낮았는데, 이것은 식이중 에너지가 충분하고 동일하더라도 단백질 수준이 낮으면 성장율이 낮다는 것을 알게 되었다. 반면 단백질 32%에서 오히려 증체량이 감소되었으며 지방 11.7%에서 보다 지방 3.9%에서 증체량이 더 높았다.

2) 질소의 섭취량은 식이중 단백질수준에 따라 큰 차이가 있었다. 분으로 배설되는 질소의 양은 단백질 4%에서 가장 낮았고 그 이상의 단백질 수준에서는 차이가 없었다. 질소소화율은 73.3~93.4%였으며 식이 지방수준에 따라서는 영향을 받지

않았다. 뇨로 배설되는 질소의 양은 식이중 단백질수준에 따라 증가했다. 질소평형(체내에 남는 질소의 양)은 식이중 단백질이 4%, 8%, 16%, 32%로 증가될때 지방수준에 관계없이 각각 65mg/day 112mg/day, 263mg/day, 577mg/day로 증가했다. 질소의 축적율은 식이중 단백질수준에 따라 일정한 경향을 보이지 않았으나, 지방 3.9%에서는 단백질 8%에서의 질소축적율을 제외하고는 차이가 없었으며 지방 11.7%에서는 단백질 4%에서 32%로 증가될때에야 비로소 뚜렷한 차이를 보였다. 지방수준에 따라서는 질소축적율에 영향을 보이지 않았다.

3) 에너지이용에 있어서 분으로 배설되는 에너지는 단백질 16%와 32% 실험군에서 배설되는 양이 단백질 8% 실험군에서 배설되는 양보다 높았다. 에너지소화율은 83.2~91.5%였으며 지방수준에 따라서 큰 차이가 없었다. 뇨로 배설되는 에너지의 양은 단백질수준이 증가할 수록 증가되었으나 지방 11.7% 실험군에서 4.5Kcal/day로서 지방 3.9% 실험군에서의 2.4Kcal/day 보다 높았다. 대사에너지는 48.1~67.9Kcal/day로서 단백질 8% 실험군까지 증가하다 그 이상의 단백질수준에서는 감소했다. 에너지이용율은 단백질 8%까지는 증가했다가 그 이상의 단백질수준에서는 감소되었으며 지방 3.9%에서 더 높았다.

4) 체조성은 실험개시기와 각 실험식으로 8주 동안 사육한후 비교해 볼때 모든 처리에서 체수분은 감소되었고 체지방은 증가되었으나 체단백질에는 거의 차이가 없었다. 체단백질은 식이 단백질이나 지방에 따라서 큰 차이를 보이지 않았는데 그것은 성장에 충분한 에너지를 섭취하고 있는 경우, 단백질수준에 따라 증체량에 영향을 미치나 도체무게에 대한 단백질함량의 백분율은 차이가 거의 없는 것으로 나타났다. 체지방은 식이중 단백질수준에 의하여 영향을 받는 것보다 지방수준에 영향을 받는 것으로 나타났다.

이상으로 보아 단백질 16%와 지방 3.9% 식이에서 증체량이 높았으나, 질소이용면에 있어서나

에너지이용면에 있어서 체조성에 있어서도 단백질 8%와 지방 3.9% 식이가 이상적일 것으로 생각되며 그 이상의 단백질이나 지방이 함유된 식이는 영양소의 이용효율이 떨어진다는 것을 알 수 있었다.

REFERENCES

- 1) 함정례, 김영수, 이기열, 김영후. 산간 저농촌주민의 영양실태조사. 한국영양학회지 6(3): 37-45, 1973
- 2) 국민영양조사보고서. 보건사회부 p20, 1985
- 3) 유춘희, 김숙희. 미강과 야채첨가식이 흰쥐의 체내대사에 미치는 영향(II). 한국영양학회지 10(3): 10-24, 1977
- 4) 구재옥, 모수미. 육류의 가정소비행동에 관한 연구 I. 한국축산학회지 19(2): 146-155, 1977
- 5) 채예석. 경성을 중심으로한 식품 및 영양섭취상태 조사보고. 국립화학연구소보고 1: 65-131, 1946
- 6) 현화진, 모수미. 일부고소득아파트 단지내 유치원 어린이의 성장발육 및 영양에 관한 연구. 한국영양학회지 13(1): 27-36, 1980
- 7) 이은화. 일부 도시 아파트단지 유치원 어린이의 영양 및 성장발육실태에 관한 연구. 서울대학교 대학원 가정학 석사학위논문 1981
- 8) 모수미, 채범석. 특수영양학. pp183-195, 서울대학교출판부 1979
- 9) 이동석. 영양학 개론. 수확사 1975
- 10) 박양자. 식이 단백질 조성이 흰쥐의 성장체내대사 및 체조성에 미치는 영향. 서울대학교 박사학위논문 1983
- 11) AOAC. Official method of analysis of association of official analytical chemists. 12th ed., Washington, DC, 1980
- 12) 한인규. 쥐의 노질소함량으로부터 노에너지가의 산출법. 한국농화학회지 7: 29-33, 1966
- 13) Steel RGD and Torrie JH. Principles and procedures of statistics. McGraw-Hill Book company, New York, 1960
- 14) Hartsook EW and Herschberger TV. Influence of low, intermediate and high kcals of dietary protein on heat production of Rats. J Nutr 81: 209-217, 1963
- 15) Howarth RE. Influence of dietary protein on rat skeletal muscle growth. J Nutr 102: 37-44, 1972
- 16) 장유경. 단백질과 에너지수준이 흰쥐의 성장 및 체조성에 미치는 영향. 한국영양식량학회지 11(1): 57-68, 1982
- 17) Leveille GA and Sauberlich HE. Influence of dietary protein level on serum protein components and cholesterol in the growing chick. J Nutr 74: 500-504, 1961
- 18) Ozelci A, Romsos DR and Leveille GA: Influence of diet composition on nitrogen balance and body composition in meal-eating and nibbling rats. J Nutr 107: 1768-1774, 1977
- 19) Bunce GE and King KW. Amino acid retention and balance in the young rat fed varying levels of casein. J Nutr 98: 168-176, 1969
- 20) Henry KM and Kon SK. Effect of level of protein intake and of age of rat on the biological value of proteins. Brit J Nutr 11: 305-313, 1957
- 21) Mitchell HH. The nutritive evaluation of protein: a half-century of progress. Nutr Rev 10: 33-35, 1952
- 22) Morrison AB and Campbell JA. Evaluation of protein in Foods. V. Factors influencing the protein efficiency ratio of foods. J Nutr 70: 112-118, 1960
- 23) Morrison AB, Middleton EJ and McLaughlan JM. Blood amino acid studies II. Effects of dietary lysine concentration, sex, and growth rate on plasma free lysine and threonine levels in the Rat. Canadian J Biochem Physiol 39: 1675, 1961
- 24) Schimke RT. Adaptive characteristics of urea cycle enzymes in the rat. J Biol chem 237: 459-468, 1962
- 25) Miller DS and Payne PR. A theory of protein metabolism. J Theor Biol 5: 398, 1963

- 26) 장유경, 권순형, 한인규. 단백질과 에너지수준이 흰쥐의 질소와 에너지이용에 미치는 영향. 한국식량영양학회지 12(3):264-272, 1983
- 27) Nakagawa I, A Sasaki, M Kajimoto, T Suzuki and E Yamada. *Effect of protein nitrogen on growth, longevity and incidence of lesions in the rat. J Nutr 104:1574-1583, 1974*
- 28) Ozelci A, DR Romsos and GA Leveille. *Influence of diet composition on nitrogen balance and body composition in meal-eating and nibbling rats. J Nutr 107:1768-1774, 1977*
- 29) Edozien JC and Switzer BR. *Influence of diet on growth in the rat. J Nutr 108:282-290, 1978*
- 30) 장유경. 단백질과 에너지수준이 흰쥐의 성장 및 체조성에 미치는 영향. 서울대학교 대학원 박사학위논문 1982
- 31) McCracken KJ, Eddie SM and Stevenson WG. *Energy and protein nutrition of early-weaned pigs. 2. Effect of energy intake and energy:protein on energy utilization and body composition of pigs slaughtered at 32d. Br J Nutr 43:305, 1980*
-