

식이 단백질의 급원에 따른 당뇨쥐의 혈당 및 혈청지질에 미치는 영향

이수진 · 김영진 · 박수정 · 김희정 · 이윤희 · 유영삼
동국대학교 가정학과

Effects of the Source of the Dietary Protein on Serum Lipids and Glucose in Streptozotocin-diabetic Rats

Su-Jin Lee, Young-Jin Kim, Su-Jeong Park, Hui-Jung Kim, and Young-Sang Yoo
Dept. of Home Economics, Dongguk University

ABSTRACT

This study was designed to find out the effects of soybean protein and milk protein between nondiabetic and diabetic rats.

The experimental results are summarized as follows.

1. Total food intake was higher in diabetic soybean protein group than other groups but it was not significant.
2. The change of body weight was lower in diabetic soybean protein group than other groups and the soybean protein was effective to maintain the ideal body weight.
3. The effects of lowering total cholesterol and glucose in serum was higher in soybean protein groups than the milk protein groups.

Key words: diabetic, nondiabetic, soybean protein, milk protein.

I. 서론

당뇨병은 우리 나라의 대표적인 성인병의 하나로 서 생활의 서구화로 인하여 고지방, 고열량식을 섭취하게 됨으로써 그 유병율은 해마다 증가하는 추세이다¹⁾.

당뇨병의 치료에 있어서 식사요법은 가장 기본이

되는 치료대책이며 상당수의 당뇨병 환자들에게서 만족스러운 결과를 달성할 수 있다고 보고되고 있다²⁾.

당뇨병의 식사요법의 목표는 정상적인 혈당 및 지질농도 그리고 지단백의 농도를 유지함과 더불어 이상적인 체중을 유지하는 것이다. 최근에 와서는 식이단백질의 종류에 따라서도 혈당 및 혈중 지질에 영향을 미치는 것이 밝혀져 많은 연구가 이루어지고

있다.

정상인과 고콜레스테롤증 환자를 대상으로 한 연구에서 동물성 단백질인 casein 대신 식물성 단백질인 soybean을 섭취한 경우 혈청내 콜레스테롤 함량이 현저히 감소했다는 보고가 있다³⁴⁾.

또한 당뇨병에게서 저단백 식사가 유익함은 여러 차례 확인된 바 있음³⁵⁾에도 불구하고 고단백 식사가 당뇨병에게서 혈중 지질을 조절하는데 더욱 유익하다는 보고가 있다⁶⁾.

한 등⁷⁾의 연구에 의하면 casein 단백질은 20%보다 60%의 고단백식이를 했을 때 당뇨병의 병리적 현상을 개선시켜 당뇨상태에 유익하지만 단백질 급원이 soybean 단백질일 때는 오히려 60%보다 20%의 저단백식이일 때 혈당조절에 유익하다고 보고하였다.

따라서 아직까지 당뇨병 환자를 위한 식이인자의 조절에서 단백질 식사의 기준이 명확하지 않으므로 본 연구에서는 1차적으로 단백질 급원 즉 우유 단백질과 대두 단백질이 화학적으로 유발시킨 당뇨병에게 혈액내 당과 지질 조절에 어떠한 차이가 있는지 알아보고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험동물의 사육 및 방법

1) 실험동물의 사육

평균체중이 345.58 ± 15.15 g인 Sprague Dawley 종 수컷 흰쥐 24마리를 대한동물실험센터에서 분양 받아 고형사료로 2주간 환경에 적응시킨 후 난괴법에 따라 비당뇨군과 당뇨유발군으로 크게 2군으로 나누었다. 당뇨유발군은 당뇨를 유발시키기 위하여 streptozotocin을 이용하였는데 streptozotocin은 췌장의 β -cell에만 특이적으로 작용하고 다른 기관에는 영향을 주지 않는 것으로 보고되었기 때문에 이를 이용하였다⁸⁾.

비당뇨군과 당뇨유발군은 다시 우유단백질을 먹인 군과 대두단백질을 먹인 군으로 세분화하여 비당뇨대두단백질군(SSO), 비당뇨우유단백질군(SSK), 당뇨유발대두단백질군(DSO), 당뇨유발우유단백

질군(DSK) 등 전체 4군으로 분류하여 한 군에 6마리씩 2주간 사육하였다.

실험동물은 사육장에 1마리씩 넣어 각각의 실험 식이를 주었다. 식이는 매일 일정한 시간에 섭취량을 측정하였으며, 물은 증류수를 이용하여 매일 갈아 주었다. 체중은 2일에 한 번씩 측정하였다.

2) 실험식이

본 실험에 사용한 식이의 구성성분은 Table 1과 같으며 탄수화물:단백질:지방의 섭취수준은 우리나라 성인의 영양권장량을 따랐으며 무기질과 비타민은 AIN의 기본식이⁹⁾를 따랐다.

3) 당뇨병의 유발

실험동물을 환경에 적응시킨 후 당뇨병을 유발시키기 위하여 실험동물 12마리에 Streptozotocin (Sigma Chemical, Co., St. Louis, MO)을 체중 kg당 45mg 농도로 pH 4.5의 0.01M citrate buffer 용액에 녹여 체중 kg당 0.5ml씩 뒷다리 근육에 근육주사하였다¹⁰⁾. 이와 동시에 비당뇨쥐에게도 pH 4.5의 0.01M citrate buffer를 체중 kg당 0.5ml씩 뒷다리 근육에 근육주사하였다. Streptozotocin을 주사한지 5일 후 당뇨유발쥐의 뇨를 채취하여 Glucotest strip(Boehringer Mannheim S.A.)으로 당뇨의 유발 여부를 확인하였다.

2. 시료 수집 및 분석방법

1) 혈액채취

시료채취 전 실험동물들을 24시간 절식시키고 그 후 체중을 잰 뒤 밀폐된 드라이 아이스 용기안에 한 마리씩 넣어 마비시켰다. 마비가 된 동물은 즉시 개복하여 심장으로부터 혈액을 채취하여 30분 정도 실온에 방치시켰다가 3,000rpm에서 20분간 원심분리시켜 상층액을 주사기로 채취하였다.

2) 혈청내 성분함량 측정

채취한 혈청을 냉동시켜 두었다가 자동화학분석기(RA-XT, TECHNIC Co.)를 사용하여 혈청내의 총콜레스테롤, 중성지질, 글루코오스 함량을 분석

Table 1. Composition of experimental diet

(g /kg diet)

	SSO	SSK	DSO	DSK
Carbohydrates	650	650	650	650
α-cellulose	30	30	30	30
Protein skim milk	—	180	—	180
soybean	180	—	180	—
Corn oil	100	100	100	100
Mineral Mix ¹⁾	40	40	40	40
Vit A, D Mix ²⁾	1	1	1	1
Fat-soluble vit ³⁾	2	2	2	2
Water-soluble vit ⁴⁾	•	•	•	•
Vit B ₁₂ ⁵⁾	1	1	1	1

¹⁾ AIN-76 Mineral mix(g /kg mix) : CaHPO₄ 500, NaCl 74, K citrate · H₂SO₄ 52, MgO 24, MnCO₃ 3.5, Fe Citrate 6.0, ZnCO₃ 1.6, CuCO₃ 0.3, KIO₃ 0.01, Na₂SeO₃ · 5H₂O 0.01, CrK(SO₄)₂ 0.55, Sucrose powered to make 1kg

²⁾ Vitamin A · D mixture(mg /ml corn oil) : Vitamin A 0.1, Vitamin D 0.01

³⁾ Fat-soluble vitamin mixture(mg /ml corn oil) : DL-α-tocopheryl acetate 25, Menaquinone 1

⁴⁾ Water-soluble vitamin mixture(mg /kg diet) : Choline cholride 2,000.00, Thiamin hydrochloride 10.00, Riboflavin 20.00, Nicotinic acid 120.00, Pyridoxine 10.00, Calcium pantothenate 100.00, Biotin 0.05, Folic acid 4.00, Inositol 500.00, Para-aminobenzoic acid 100.00

⁵⁾ Vitamin B₁₂ solution(mg /100ml distilled water) : Vitamin B₁₂ 1

Experimental group

1. SSO : Standard soybean protein.
2. SSK : Standard skim milk protein.
3. DSO : Diabetic soybean protein.
4. DSK : Diabetic skim milk protein.

하였다.

3. 통계처리

모든 실험결과들은 SAS program을 이용하여 각 실험군의 평균값과 표준편차를 구하였으며 각각의 모든 실험군의 표준분포를 확인한 후 실험군별 차이를 p<0.05 수준에서 Duncan's multiple range test로 그 유의성을 검증하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 식이섭취량

실험동물의 실험기간 동안 총 식이섭취량은 Table 2와 같았다.

비당뇨 우유단백질군(SSK)이 나머지 군들보다 유의적으로 적은 양을 섭취하였다. 당뇨유발군이 비당뇨군보다 식이섭취량이 대체로 많았으며 그 가운데서도 대두단백질군이 우유단백질군보다 많

은 양을 섭취하는 것으로 나타나 단백질 급원에 따른 차이를 볼 수 있었다. 그리고 당뇨병 상태에서 나타나는 특징인 다갈, 다식, 다뇨 현상이 본 실험의 당뇨유발군에서도 역시 관찰되었다.

2. 체중변화

실험동물의 체중변화는 Table 3과 같았다.

전체 실험기간 동안 당뇨유발대두단백질군(DSO)을 제외한 모든 군이 체중 감소를 보였다. 대두단백질군이 우유단백질군보다 체중감소량이 낮은 것으로 미루어 보아 단백질의 급원에 따른 차이를 볼 수 있었다. 한 등⁷⁾의 연구에 의하면 비당뇨쥐는 체중증가를 보인 반면 당뇨쥐는 체중 감소를 나타내었고 casein 식이에 비해 soybean 식이군의 체중감소량이 낮게 나타났다고 보고한 바 있다. 또한 이 등¹¹⁾의 연구에 의하면 해조류를 투여한 당뇨쥐에서 당뇨병에 의한 체중증가 억제 현상이 나타났다고 보고하여 본 실험 결과와 유사한

Table 2. Total food intake of the rats during experimental period (g)

	SSO	SSK	DSO	DSK
Total food intake	279.25 ± 26.79 ^{1)a2)}	194.67 ± 43.62 ^b	344.82 ± 71.34 ^a	298.98 ± 66.08 ^a

¹⁾ Value are given as Means ± S.D.

²⁾ Means with different superscript letters within a column are significantly different from each other at p < 0.05 as determined by Duncans Multiple range test.

Table 3. Changes of body weight (g)

Group \ Second days	1	2	3	4	5	6	7	Total wt. gain
SSO	356.20 ± 13.69 ^{1)NS3)}	358.03 ± 12.72 ²⁾	358.7 ± 10.50 ^a	357.58 ± 10.88 ^a	358.07 ± 10.82 ^a	360.28 ± 10.66 ^a	348.60 ± 8.18 ^a	7.60 ± 10.38 ^{ab}
SSK	354.20 ± 12.80	349.53 ± 13.90 ^a	343.53 ± 16.83 ^a	339.80 ± 17.02 ^a	332.68 ± 15.12 ^{ab}	328.78 ± 17.31 ^{ab}	322.18 ± 16.07 ^a	-32.02 ± 7.61 ^c
DSO	341.22 ± 13.62	350.72 ± 18.83 ^a	349.88 ± 13.82 ^a	355.85 ± 17.90 ^a	351.15 ± 24.42 ^b	352.38 ± 24.63 ^{bc}	343.75 ± 15.81 ^b	2.53 ± 5.46 ^a
DSK	330.68 ± 20.48	325.18 ± 18.38 ^b	318.52 ± 16.38 ^b	317.95 ± 19.01 ^b	307.85 ± 23.80 ^c	308.20 ± 23.39 ^c	302.55 ± 15.15 ^c	-28.13 ± 30.31 ^{bc}

¹⁾ Values are given as Means ± S.D.

²⁾ Means with different superscript letters within a column are significantly different from each other at p < 0.05 as determined by Duncan's Multiple range test.

³⁾ N.S. : Not significant.

결과를 보였다. 임 등¹²⁾의 한국산 야생식용식물이 당뇨쥐에 미치는 영향을 연구한 결과를 살펴보면 우영 및 등글레 섭취군에서 체중이 유의적으로 증가하였는데 이것은 당뇨병 증세의 호전효과로 추정된다고 보고하였다. 본 실험에서도 당뇨유발쥐에게서 우유단백질보다 대두단백질이 이상 체중 유지에 유익한 것으로 추정된다.

3. 식이효율

전 실험기간 동안의 식이효율은 Table 4에 나타난 바와 같이 당뇨유발대두단백질(DSO)의 식이 섭취량이 가장 많았고 식이효율도 가장 높았으며 비당

뇨 우유단백질군이 식이섭취량이 가장 낮았고 역시 식이효율도 가장 낮았다.

4. 혈중 총콜레스테롤, 중성지질, 혈당 함량

실험동물의 혈청내 총콜레스테롤, 중성지질, 혈당 함량은 Table 5와 같았다.

비당뇨쥐와 당뇨유발쥐간의 혈중 총 콜레스테롤 함량은 통계적으로 유의한 차이는 없었지만 일반적으로 당뇨유발쥐가 비당뇨쥐보다 높게 나타나 한 등⁷⁾이 당뇨쥐와 비당뇨쥐에게 단백질의 양과 질에 따른 차이를 본 연구와 일치하는 결과를 보였다. 그리고 당뇨쥐 가운데 대두단백질을 먹인 군이 우유단백

Table 4. Food efficiency ratio of the rats

Group \ Second days	1	2	3	4	5	6	Total
SSO	0.04 ± 0.09 ^{1)a2)}	-0.06 ± 0.11 ^a	0.04 ± 0.06 ^{ab}	0.01 ± 0.04 ^a	0.04 ± 0.05 ^a	-0.23 ± 0.07 ^{NS3)}	-0.03 ± 0.04 ^a
SSK	-0.15 ± 0.19 ^b	-0.27 ± 0.20 ^b	-0.15 ± 0.09 ^c	-0.21 ± 0.07 ^b	-0.15 ± 0.14 ^b	-0.21 ± 0.14	-0.17 ± 0.06 ^b
DSO	0.15 ± 0.13 ^a	-0.02 ± 0.11 ^a	0.13 ± 0.15 ^a	-0.07 ± 0.11 ^a	-0.001 ± 0.03 ^a	-0.17 ± 0.15	0.01 ± 0.02 ^a
DSK	0.07 ± 0.11 ^b	-0.15 ± 0.08 ^{ab}	-0.003 ± 0.09 ^b	-0.18 ± 0.09 ^b	0.06 ± 0.10 ^a	-0.29 ± 0.76	-0.09 ± 0.15 ^{ab}

¹⁾ Values are given as Means ± S.D.

²⁾ Means with different superscript letters within a column are significantly different from each other at p < 0.05 as determined by Duncan's Multiple range test.

³⁾ N.S. : Not significant.

Table 5. Concentrations of total cholesterol, triglyceride and glucose in serum of rats

Group\Content	Total cholesterol	Triglyceride	Glucose
SSO	114.33±33.84 ^{1)N.S2)}	60.20±20.73 ^{1)ab2)}	129.67±19.40 ^{1)N.S3)}
SSK	108.00±16.89	70.00±20.13 ^{ab}	141.83±63.74
DSO	122.83±18.54	76.00±25.25 ^a	136.20±46.96
DSK	132.50±27.62	45.83±14.85 ^b	181.20±51.81

¹⁾ Values are given as Means±S.D.

²⁾ Means with different superscript letters within a column are significantly different from each other at $p < 0.05$ as determined by Duncan's Multiple range test.

³⁾ N. S; not significant.

질을 먹인 군보다 약간 낮게 나타나 본 실험에서는 우유단백질과 대두단백질간의 차이를 볼 수 있었다.

혈중 중성지질의 함량은 당뇨유발대두단백질군(DSO)이 가장 높았고 당뇨유발우유단백질군(DSK)이 가장 낮았는데 당뇨유발군 가운데에서 대두단백질을 먹인 군이 혈중 중성지질의 함량이 유의적으로 높았고 비당뇨군에서는 유의적이지는 않으나 우유단백질군이 대두단백질군보다 더 높은 경향이였다. 이것은 실험동물이나 인체를 대상으로 한 선행 연구에서 일반적으로 알려진 당노가 있을 경우 혈중 중성지질의 농도가 높다는 결과와는 다소 차이가 있었다. 본 실험에서는 당뇨유발쥐에게 대두단백질을 먹었을 때 혈중 중성지질의 함량이 우유단백질을 먹었을 때보다 낮으리라고 기대하였던 것과는 상반된 결과였다.

혈당은 전 실험군간에 유의적인 차이는 없었다. 그러나 당뇨유발대두단백질군(DSO)이 당뇨유발우유단백질군(DSK)보다 혈당이 상당히 낮았으며 비당노우유단백질군(SSK)보다도 낮은 혈당 함량을 보였다. 이¹³⁾의 연구에서도 조리된 콩을 다량 섭취하였을 때 혈당 감소에 큰 효과를 나타냈음을 보고 하였다. 따라서 본 실험에서는 당뇨에 있어서 대두단백질이 우유단백질보다 혈당저하에 효과가 있음을 알 수 있었다.

IV. 요약 및 결론

본 실험의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 식이섭취량은 전 실험기간 동안 유의적이지는 않으나 당뇨유발대두단백질군의 식이섭취량이 제일 높았다.
2. 체중의 변화는 전 실험기간 동안 당뇨유발대두단백질군의 체중변화가 제일 적어 우유단백질보다 이상 체중 유지에 더욱 효과가 있음을 알 수 있었다.
3. 당뇨쥐에 있어서 대두단백질이 우유단백질보다 혈중 총 콜레스테롤과 글루코오스 함량 저하에 효과가 있었으나 중성지질함량에는 대두단백질의 효과가 없었다.

당뇨병의 치료목표인 이상적 체중의 유지와 혈중 총 콜레스테롤 그리고 혈당의 정상유지에는 대두단백질이 약간의 효과가 있었으나 명확한 결론을 내리기에는 미흡한 점이 있었다. 이에 대해서는 앞으로 좀 더 다각적인 측면에서의 연구가 이루어져야 할 것으로 본다.

V. 참고문헌

1. 보건복지부 : 보건통계연보, 1990-1994.
2. 이연경, 이혜성, 김보완 : 인슐린 비의존성 당뇨병 환자의 식이섭취 섭취실태, 당뇨병, 18(3) : 256-262, 1994.
3. Beynen, A. B., West, C. E., Spaaij, C. J. K., Huisman, J., Leewen, P. V., Schutte, J. B. and Haekeng, W. H. L. : Cholesterol metabolism, digestion rates and postprandial changes in serum of swine fed purified

- diets containing either casein or soybean protein. *J. Nutr.*, 120:422-430, 1990.
4. Sirtor, C. R., Gatti, E., Mantero, O., Conti, F., Agradi, E., Tremoli, E., Sirtor, M., Fraterrigo, L., Tavazzi, L. and Kritchevsk, D.: Clinical experience with the soybean protein diet in the treatment of hypercholesterolemia. *Am. J. Clin. Nutr.* 32:1645-1658, 1979.
 5. Zatz, R., Dunn, R., Meyer, T. W., Anderson, S., Rennke, H. G. and Brenner, B. M.: Prevention of diabetic glomerulopathy by Pharmacological amelioration of glomerular capillary hypertension, *J. Clin. Invest.* 77:1925-1930, 1986.
 6. Eizirik, D. L. and Migliorini, R. H.: Reduced diabetogenic effect of streptozotocin in rats previously adapted to a high-protein, carbohydrates-free diet, *Diabetes.* 33:383-388, 1984.
 7. 한영주, 최미자: 식이단백질의 양과 질이 당뇨병 쥐의 혈당, 혈청지질 그리고 호르몬에 미치는 영향, 계명대학교 대학원 석사학위논문. 1991.
 8. Lazarus, S. S. and Shapiro, S. H.: Streptozotocin-induced diabetes. *21(3):129-137, 1972.*
 9. AIN standards for nutritional studies report, *J. Nutr.* 107:1340-1348, 1977.
 10. Alain, J., Andre, E., Werner, S. and Albert, E. R.: Diabetogenic action of streptozotocin: relationship of dose to metabolic response, *J. Clin. Invest.* 48:2129-2139, 1969.
 11. 이해성, 최명숙, 이연경, 박수현, 김유정: 당뇨병 환자를 위한 고식이섬유 보충물의 개발을 위한 연구(I)- 해조류 투여가 당뇨병 쥐의 장기능과 증세호전도에 미치는 영향-, *한국영양학회지* 29(3):286-295, 1996.
 12. 임숙자, 김계진: 등글레 추출물의 당뇨병 유발 흰쥐에 대한 혈당강하효과, *한국영양학회지* 28(8): 727-736, 1995.
 13. 이연경: 식이섬유 첨가물이 인슐린 비의존성 당뇨병 환자의 당질 및 지질 대사에 미치는 영향, 경북대학교 대학원 석사학위논문. 1993.