

Sucrose의 섭취가 저단백식으로 성장하는 흰쥐의 체내 지방대사에 미치는 영향

The Effect of Dietary Sucrose on the Lipid Metabolism of Rat
Fed by Low Protein Diet

제명실업전문대학 영양과
전임강사 조 희 래
Dept. of Food and Nutrition Keimyung Junior College
Instructor Hi Rae Cho

<目 次>	
I. 서 론	IV. 실험결과
II. 실험재료	V. 고 찰
III. 실험방법	VI. 결 론

<Abstract>

This study was conducted to compare the effect of dietary sucrose and starch on the lipid metabolism of Rat fed by low protein diet for 3 and 6 weeks periods.

Forty male weanling Spargue-Dawley rats weighing 52.7 grams each, after being adopted for 2 days with standard diet, were blocked into 8 groups and fed experimental diet as designed.

Experimental diet were composed of two different levels of proteins, 6% designed as low protein diet and 15% designed as standard protein diet.

In each group, the content of serum lipid, serum cholesterol and liver lipid were measured. The results of this experiment were summerized as follows.

1. Liver lipid content was tended to be high in the sucrose group of low protein fed animal.
2. The content of total serum lipid was tended to be high in the sucrose group, and this tendency was showed statistical significance in the animals fed by low and standard protein after 6 weeks of experimental period.
3. The difference in the total serum cholesterol content between the sucrose and starch group was not significant

I. 서 론

당질은 우리 식생활에서 가장 많이 섭취하고 있는 식이 형태인 동시에 체내 대사시 주요 열원으

로 작용한다.

이러한 당질이 그 섭취하는 형태에 따라 생리적 효과를 다르게 나타낸다는 사실에 대해서는 약 100년 전부터 관심이 되어 왔으며¹⁾ 특히 최근에 와서 전 세계적으로 sugar의 소비량이 증가됨에 따라

이에 관한 여러가지 체내 대사상의 연구가 활발해지고 있다.

많은 학자들이 sugar의 섭취가 동물의 성장율과 유관한 것으로 보았고,^{1,2)} Antar³⁾ 등은 젊은 남녀를 대상으로한 그의 연구에서 sugar의 섭취가 hyperlipidemia의 원인이 되는 것으로 보고하였으며, Yudkin⁴⁾ 등은 sugar 소비량의 증가가 coronary heart disease의 발병과 관련 깊은 것으로 보고하여 인류 사망율과 유관한 질병의 발병과 관련 깊다는 사실을 밝힘으로써 더욱 관심있는 문제가 되고 있다.

지금까지 보고되어온 여러 실험 결과에 의하면 당질의 섭취 형태에 따른 여러가지 생리적 효과는 실험기간이나 식이내에 함유된 다른 영양소의 함량 등에 따라 영향을 받고 있는 것으로 나타났다.^{1,2,5~10)}

본 논문은 Sugar의 섭취를 starch섭취시와 비교하여 체내 지방 대사에 미치는 영향을 보고자 하였으며 특히 지방 대사에 미치는 sucrose effect가 저단백 식이를 섭취하는 동물의 경우에 어떻게 나타나는가 알아 보고자 하였다.

II. 실험 재료

A. 실험 동물의 사육

생후 21일된 평균 체중 52.7g 되는 흰쥐 Sprague-Dawley 숫을 40마리를 표준 식이로 2일간 적응시킨 후 체중에 따라 8군으로 나누었다.

실험군의 조성은 식이에 따라 Sucrose 군과 Starch 군으로 각 4군씩을 배당하고, 이것을 다시 단백질 수준에 따라 저단백 식이군(6% Casein), 표준 식이군(15% Casein)으로 각 2군씩 배당하였다.

실험 시작시 실험 동물의 평균 몸 무게는 57.45±0.2g 이었고 각 실험군은 3주 사육후 2군의 동일 식이군 중 1군씩을 죽이고 그 나머지를 6주 사육 후에 희생시켰다.

B. 실험 동물의 사료

(1) 사료의 준비

Corn-Starch, Sucrose, Casein, 면실유 등은 시

관되고 있는 것을 사용하였다.

(2) 사료의 구성 성분

저단백 식이는 6% Casein 식이로 하였고 표준 식이는 15% Casein 식이로 하였으며 각 식이군마다 당질의 형태로 Starch와 Sucrose를 구분하여 사용하였다.

각 군의 사료의 성분은 <표-1>과 같다.

<표-1> 사료의 성분표 (kg diet 당)

성분	저단백 식이	표준식이
Corn-Starch 또는 Sucrose*	860g	770g
Casein	60g	150g
면실유	45cc	45cc
Cod liver oil ¹⁾	30cc	30cc
Salt mixture ²⁾	40g	40g
Fat soluble Vits. ³⁾	2cc	2cc
Water soluble Vits. ⁴⁾	+	+
Vit. B ₁₂ ⁵⁾	1cc	1cc

* Starch 군에서는 corn-starch를 사용하였고 Sucrose 군에서는 sucrose를 사용하였다.

① Cod liver oil (1cc 당)

Vitamin A	1700 u.s.p. unit
Vitamin D	170 u.s.p. unit

② Salt mixture <g/kg Salt mixture>

Calcium Carbonate	300
Dipotassium phosphate	322.5
Magnesium sulfate, 2H ₂ O	102
Monocalcium phosphate, H ₂ O	75
Sodium chloride	167.5
Ferric citrate, 6H ₂ O	27.5
Potassium iodide	0.8
Zinc chloride	0.25
Copper sulfate, 5H ₂ O	0.3
Manganous sulfate, H ₂ O	5

③ Fat soluble vits.

Alpha tocopherol acetate <Vitamin E>	5g
Menadion <Vitamin K>	200 mg
Corn oil	200 mg

④ Water soluble vits	(kg diet 당)
Choline chloride	200 mg
Thiamine hydrochloride	10 mg
Riboflavin	20 mg
Nicotinic acid	120 mg
Pyridoxine	10 mg
Calcium pantothenate	100 mg
Biotin	0.5 mg
Folic acid	4 mg
Inositol	500 mg
Para-amino benzoic acid	100 mg

⑤ Vit B₁₂

Vitamin B₁₂ 5 mg 을 증류수 500 ml 에 녹인것.

Ⅲ. 실험방법

A. 혈청의 분석

실험 기간 종료 후, 모든 실험 동물을 죽이기 직전 ethyl-ether 로 마취시켜 목의 대동맥을 잘라 얻은 혈액을 Centrifuge tube 에 채취하여 즉시 원심 분리하여 혈청을 얻었다.

(1) 혈청내 cholesterol 함량

혈청의 Total cholesterol 량은 Zak Method¹¹⁾에 의하여 측정하였다.

(2) 혈청 지방의 측정

혈청의 지방량은 Frings Method¹²⁾에 의해 측정하였다.

B. 간의 분석

실험 동물을 완전히 죽인 후 aluminum foil 로 싸서 냉동고에 보관하였다가 해부하여 간을 빼고 105~110°C 의 Oven 에서 완전히 건조 후 분말화하여 분석하였다.

(1) 간의 총 지방량

건조후 분말로 만든 간을 Saxon Method¹³⁾에 의하여 정량하였다.

C. Data 처리 및 분석

모든 Data 는 통계적 처리를 하였다. Data 의 평균치와 표준 오차를 계산하였으며 각 단백질 수준에서 Sucrose 군과 Starch 군과의 유의성 검정은 t-test 에 의하여 처리하였다¹⁴⁾.

Ⅳ. 실험 결과

1. 혈청 Cholesterol 함량

<표 2>에서 나타난 바와 같이 혈청 cholesterol 은 사육 기간에 무관하게 Sucrose 군과 Starch 군 사이에 별 차이를 나타내지 않았다.

2. 혈청 지방 함량

100 ml 혈청 내에 함유된 지방의 함량은 <표 2>에 나타난 바와 같으며 전 사육 기간을 통해 Sucrose 군이 Starch 군 보다 높은 경향을 나타냈다.

<표 2> 혈청내 총 지방함량과 Cholesterol 함량 (100ml Serum 당)

식 이	사육기간	총 지 방(mg)		Cholesterol(mg)	
		3 수	6 수	3 수	6 수
저단백	Sucrose	603.95±54.48*	546.20±42.87	130.5±14.4	126.5±3.5
	Starch	425.45±39.67	385.87±42.53	130.4±9.5	126.9±3.3
	t-test	p<0.05	p<0.05	N.S.	N.S.
표준식	Sucrose	555.00±83.16	525.20±42.87	134.3±16.2	120.9±5.0
	Starch	559.8±44.84	364.10±31.43	152.9±24.3	124.1±15.4
	t-test	N.S.#	p<0.05	N.S	N.S.

* 평균±표준오차 #No significance

3. 간 내 지방의 총량

<표 3>에 나타난 바와 같이 간에 함유된 지방의 총량은 사육3주에 저단백 식이를 섭취하는 동물에서 Sucrose 군이 Starch 군 보다 유의적으로 높았다. 그러나 6주후에는 저단백식이를 섭취한 동물에서 이러한 유의적 차이가 나타나지 않았고 표준식이를 섭취한 동물에서도 차이가 나타나지 않았다.

V. 고찰

본 논문은 저단백 식이로 성장하는 동물이 Sucrose를 섭취하였을 때 일으키는 체내 지방 대사상의 변화를 알아 보고자 시도된 것으로 실험 결과를 Starch 섭취 동물과 비교하여 연구해 보았다.

본 실험에서 나타난 결과를 보면 간의 총 지방량과 혈청 지방은 Sucrose 섭취군이 Starch 섭취군에 비해 높은 경향을 나타내었으며, 특히 혈청 지방의 경우 Sucrose 섭취군이 상당히 높은 경향을 나타내어 사육3주에는 저단백 식이군에서, 사육6주에는 저단백식이군과 표준단백 식이군에서 모두 유의적인 차이를 나타내었는데 이러한 결과는 앞선 여러 연구 결과들과 일치하는 것 같다. 즉, Bruckdorfer¹⁵⁾와 Akinyanju¹⁵⁾ 등이 Sucrose 식이가 간과 혈청 Triglyceride 값을 높인다는 보고를 하였는데 그 작용 기전은 확실히 설명할 수 없으나 1972년 Cohen 등의 보고¹⁷⁾에 의하면 Sucrose

를 섭취하는 쥐에게서 NADPH 생성을 위한 간의 효소 활성이 현저하게 증가하고, 특히 지방산 합성에 직접 관여하는 Acetyl CoA Carboxylase의 활성이 Starch 섭취군보다 5배 이상이나 증가되었다고 보고하였는데 이러한 사실은 Sucrose를 섭취하는 쥐에게서 lipogenesis를 촉진하는 능력이 생겼다는 사실을 강조하는 것 같다. 또한 Michaelis¹⁸⁾ 등은 이러한 대사적 효과가 Sucrose 분자내의 fructose 부분에 기인한 것이거나, Sucrose의 disaccharide Configuration과 유관하다고 보고하였고 Zakim 등¹⁹⁾은 Fructose가 간에서 Glucose보다 더 많은율이 지방산으로 전환된다고 보고하였는데, 이와 비슷한 보고들은 이미 Michaelis 이전에 여러 학자들에 의해 생각되어져 왔고^{20,21)} 또한 Fructose와 Glucose 간의 대사 과정상의 차이 및 각 대사 과정에 관여하는 여러 효소 level에 관한 연구들이 많으나²¹⁻²⁴⁾ 아직 그 기전은 확실히 밝혀지지 않은 상태에 있다.

한편 Anderson¹⁰⁾ 등은 저단백 식이에서 간의 Triglyceride의 양은 Sucrose 군이 Starch 섭취군보다 현저하게 증가하였으나 총 지방 함량에 있어서는 Sucrose 군과 Starch 군 간에 차이가 없었다고 보고했다.

혈청 Cholesterol 함량은 전 실험기간을 통해 Sucrose 군과 Starch 군 간에 차이를 나타내지 않아서 예상했던 것과는 다른 결과를 나타내었는데 이에 관한 보고로는 Sucrose 식이가 혈청 Cholesterol 함량을 높였다는 보고^{11,19)}와 실험식이 3주후에 Sucrose 군이 Starch 군보다 혈청 Cholesterol 함량이 높다가 17주 후에는 그 차이가 없어졌다는 보고¹⁾ 등 여러 상반된 연구 결과들이 있었다.

이상 본 연구에서 시도된 결과를 종합하여 보면 Sucrose와 Starch가 생체내에서 일으키는 지방 대사에서 현저한 차이를 나타내는 것은 총 혈청 지방량과 간의 지방 함량이며 이러한 효과는 식이내 단백질의 정상으로 섭취할 때보다 저단백 식이 섭취시에 특히 뚜렷했고 또 사육기간에 따라서도 차이를 나타내었다. 그러므로 이 문제에 있어서는 앞으로 여러 종류의 당질이 그 섭취하는 형태에 따라 각기 어떻게 지방의 대사에 영향을 미치는지 그 효과를 설명할 수 있을 만한 충분한 대사 과정상

<표 3> 간 지방의 총량 (단위 : g)

성분		지방	
		3 주	6 주
사육기간 식이	Sucrose	0.4993±0.0073*	0.3001±0.0591
	Starch	0.2978±0.0665	0.2223±0.0051
	t-test	p<0.05	N.S.#
표준식	Sucrose	0.4445±0.0390	0.6869±0.0903
	Starch	0.5184±0.0368	0.7743±0.0608
	t-test	N.S.	N.S.

* 평균±표준오차

No significance

의 이해가 필요할 것 같고, 두 식이군 간에 나타나는 이러한 효과의 정도가 실험 기간이 연장되었을 때 어떻게 변화 되어 가는지 그 변화 단계 및 적응 현상 등에 대한 연구가 더 필요할 것 같다.

VI. 결 론

저단백 식이로 성장하는 동물에게 식이내 당질 원으로써 Sucrose 를 주었을 때 일어나는 체내 지방대사상의 변화를 Starch 섭취군과 비교한 결과는 다음과 같다.

1. 간의 총 지방함량은 사육 3주와 사육 6주 모두 Sucrose 군이 Starch 군 보다 높았다.
2. 혈청내의 지방함량은 전 사육기간을 통해 Sucrose 섭취군이 Starch 섭취군보다 높은 경향을 나타내었으며, 특히 사육 6주에 유의적인 차이를 보였다.
3. 혈청내의 Cholesterol 함량은 Sucrose 섭취군과 Starch 군 사이에서 차이를 나타내지 않았다.

참 고 문 헌

1. Bender, A.E. and K.B. Damji, Sugar, London (1971), pp.172-82.
2. Winer, Ruta P., Minoru Yoshida and A.E. Harper, J. Nutr., 80:279, (1963)
3. Antar, M.A. and M.A. Ohlson, J. Nutr., 85:329-37 (1965).
4. Yudkin, J. and R. Krauss, Nature, Lond, 215:75 (1967)
5. Harper, A.E. and M.C. Katayama, J. Nutr., 49:261 (1953).
6. Womac, K.M., M.W. Marshall, and A.B. Parks, J.Nutr., 51:117(1953).
7. Reiser, Sheldon and Judith, Hailfrisch, J. Nutr., 107:147-55 (1977).
8. Blazpuez, E. and C.L. Quijada, J. Endocrinol, 44:107-13 (1969).
9. Chang, M.L. and M.A. Johnson, J. Nutr., 106:1562-68 (1976).
10. Lin, Wen-Ju and James W. Anderson, J. Nutr., 107:584-95 (1977).
11. Zakp, R.C. Dickenman, E.G. Whate, H. Burnett and P. Cherney, Am. J. Clin. Path., 24:1307-15 (1954).
12. Frings, C.S. and R.T. Dunn, Am. J. Clin. Path, 53:89-91 (1970)
13. 김정천, 「임상검사법제요」, 금전출판 주식회사 Ⅱ. (1975).
14. 鄭英鎭, 「近代統計學」의 「理論과 實際」, 서울 寶普齋
15. Bruckdorfer, K.R., B. Kari-Kari, I.H. Khan and J. Yudkin, Nutr. Metabol., 14:228-37 (1972).
16. Akinyanju, P.A. and J. Yudkin, Proc. Nutr. Soc., 26:31 (1967).
17. Cohen, A.M., S. Brilller and E. Shafrir, Biochen. Biophys. Acta. 279:129-38(1972).
18. Michaelis, O.E. IV, C.S. Nace and B. Szepesi, J. Nutr., 105:1186-91, (1975).
19. Zakim, D. and R.H. Herman, Am. J. Clin. Nutr., 21:315-19 (1968).
20. The Nutrition Foundation, Inc., Present Knowledge in Nurition, Forth Ed. New York, Washington (1976). pp.33-42.
21. Szepasi, B and R.A. Freedland, J. Nutr., 94:37 (1968).
22. Fitch, W.M. and I.L. Chaikoll, J. Biol. Chem. 235:554 (1960).
23. Bar-on, H. and Y. Stein, J. Nutr., 94:95-105 (1968)
24. Brukdorfer, K.R., I.H. Khan and J. Yudkin, Biochem., 129:439-46 (1972).