

## Glycosyl-Sucrose가 혼쥐의 혈당 및 혈청 지질농도와 당 가수분해 효소의 활성에 미치는 영향

정영진 · 이선영<sup>†</sup> · 안경희

충남대학교 식품영양학과

### Effects of Glycosyl-Sucrose on Blood Glucose, Serum Lipids and Activities of Carbohydrate Hydrolysing Enzymes in Rats

Young-Jin Chung, Sun-Young Ly<sup>†</sup> and Kyung-Hee Ahn

Dept. of Food and Nutrition, Chungnam National University, Daejon 305-764, Korea

#### Abstract

This study was designed to investigate the effects of dietary glycosyl-sucrose on blood glucose and serum lipids concentrations and carbohydrate hydrolysing enzyme activities in rats. Male Sprague-Dawley rats were divided into 3 experimental groups, cornstarch group(68% cornstarch diet), sucrose group (20% sucrose + 48% cornstarch diet) and glycosyl-sucrose group(20% glycosyl-sucrose + 48% cornstarch diet). After 6 weeks, the mean values of food efficiency ratio of 3 groups were not significantly different. There were no significant differences in mean fasting blood glucose levels of three groups, while the glucose response at 30 and 60 minutes and the total integrated blood response area showed a tendency to decrease in glycosyl-sucrose group as compared with sucrose group. Serum lipids(T. G., phospholipids, HDL-cholesterol and total lipid) contents showed no significant differences among 3 groups but a tendency to increase in glycosyl-sucrose group. The sucrose and maltose hydrolysing enzyme activities of jejunum and ileum were significantly reduced in glycosyl-sucrose group as compared with cornstarch group. The maltose hydrolysing enzyme activity, especially in jejunum was lower in glycosyl-sucrose group than in sucrose group.

**Key words :** glycosyl-sucrose, carbohydrate hydrolysing enzyme activities, blood glucose, serum lipids

#### 서 론

소득 수준의 향상과 함께 국민의 식생활에도 많은 변화가 오고 이에 따라 식품에 대한 기호 성향도 크게 바뀌었다. 그 중에서도 단맛을 가진 식품에 대한

기호의 변화가 뚜렷하여 감미 식품의 수요가 급증하였으며 이에 따라 이들 식품에 참가하는 감미료의 수요 역시 크게 증가하였다. 그러나 최근까지 천연 감미료로서 가장 많이 이용되고 있는 설탕은 충치의 원인이 되거나 여러가지 성인병과 직접적인 관련성을 가지고 있으며<sup>1,2)</sup> 그 원료 또한 전량 수입에 의존하고 있다는 단점이 있다. 또한 최근까지 시판되고 있는 인공감미료들(사카린, 아스파르탐, fructosyl-glucose)

<sup>†</sup>To whom all correspondence should be addressed

이 논문은 1989년도 문교부 지원 한국학술진흥재단의 학술연구조성비에 의하여 연구되었음.

이 설탕 소비의 대체효과를 내고는 있으나 대부분은 안정성과 경제적인 면에서 실용화에 한계가 있는 실정이다.

예를 들면 비교적 인체에 무해하다고 알려져 있던 아스파르탐의 경우 경제성이나 가공상의 문제로 식품업계에서 널리 쓰이지 못할 뿐만 아니라 다량 섭취 시 혈중 폐닐알라닌의 수준을 높여 트립토판이 뇌로 이동되는 것을 경쟁적으로 방해하므로 뇌의 트립토판 수준을 저하시키고 이어서 세로토닌의 생성을 억제하는<sup>3</sup> 등의 문제점이 거론되고 있다. 한편 현재 일본 및 우리나라에서 개발되어 제과업계에 쓰이고 있는 fructo-oligo-saccharide는 충치균의 작용을 받지 않으며 인체의 소화효소에 의해 분해되지 않아 식이 섬유소와 같은 효과를 갖는다는 면에서 성인병 등에 좋은 감미료로 판정되고 있으나, 다량 섭취시 식이 섬유소가 소장의 점막을 손상시키는 것과 같은 기전으로 이당류 가수분해 효소의 활성을 저하시킨다는 연구<sup>4</sup> 보고<sup>4</sup>로 미루어 보아 장기 섭취시에 역시 인체에 이와 비슷한 효과가 나타날 것을 예측할 수 있다.

최근 일본에서는 미생물에 의해 생산되는 cyclodextrin-glycosyltransferase를 전분과 설탕의 혼합물에 작용시켜 만들어낸 물엿상의 당(glycosyl-sucrose; 일명 coupling sugar)을 새로운 감미료로 생산, 시판하게 되었다. 이당은 주로 sucrose(G-F)와 glycosyl-sucrose(G<sub>2</sub>F), maltosyl-sucrose(G<sub>3</sub>F), maltotriosyl-sucrose(G<sub>4</sub>F)와 같은 올리고당으로 이루어져 있으며 소량의 malto-oligo-saccharide도 함유되어 있다. 이당은 천연의 당으로서 안정성이 있고 설탕의 50~55%의 감미를 가지고 있으며 환원당의 함량이 적어 단백질과 가열하여도 갈변되지 않는 특성을 가질 뿐만 아니라 체내에서 소화 가능한 형태이다. 또한 충치 발생 억제 효과가 있어 유아용 식품에 첨가하기 적당하며<sup>5</sup> 미생물에 의한 대량 생산이 가능하므로 경제적으로도 식품 산업에 이용되기 적절한 것으로 사료된다. 우리나라에서는 손 등<sup>6</sup>이 대전 지역을 중심으로 한 여러 지역의 토양에서 채취한 균주의 효소를 이용하여 glycosyl-sucrose를 생산한 바 있으며 이에 대한 물성 검사도 행하여졌으나<sup>7</sup> 이 당의 영양 생리학적 특성은 밝혀져 있지 않다. 따라서 본 연구에서는 glycosyl-sucrose의 생체내에서의 소화성 및 혈액내에서의 당과 지질 성분에 미치는 효과를 검토해보고자 한다.

Table 1. Composition of experimental diets (modification of formula AIN-76)

Ingredients(%)	Group		
	Cornstarch	Sucrose	Glycosyl-sucrose
Casein	20	20	20
DL-methionine	0.3	0.3	0.3
Cornstarch	68	48	48
Sucrose	—	20	—
Glycosyl-sucrose	—	—	20
Corn oil	7.0	7.0	7.0
Mineral mixture*	3.5	3.5	3.5
Vitamin mixture**	1.0	1.0	1.0
Choline bitartrate	0.2	0.2	0.2

\* , \*\* : formulas of AIN-76

## 재료 및 방법

### 실험대상

평균 체중이  $137.51 \pm 4.84$ g인 Sprague-Dawley 종 수컷 흰쥐 22마리를 택하여 난괴법에 따라 세 실험군으로 나누어 (cornstarch군 8마리와 sucrose군, glycosyl-sucrose군 각각 7마리씩) 6주간 사육하였다. 실험 식이는 Table 1에서 보는 바와 같이 AIN-76 diet<sup>8</sup>를 기초로 하였으나 탄수화물 급원으로 cornstarch군은 대표적 다당류인 옥수수 전분(미원)만을 식이 100g당 68g(68%) 사용하였으며 다른 두 군의 식이로는 예전부터 당뇨병 식이에서 우선적으로 제한시켰던 sucrose를 옥수수 전분 대신 20% 대체하거나(sucrose군) glycosyl-sucrose를 20% (glycosyl sucrose군) 대체하였다. 단백질 급원으로는 casein을 사용하였으며 지방의 급원으로는 시판되는 옥수수 기름(해표)을 사용하였다. 비타민과 무기질 공급을 위해서는 AIN-76 비타민 혼합물 및 무기질 혼합물(일본 농산 주식회사)을 사용하였으며 사료는 물과 함께 제한 없이 공급하였다.

### 사료 섭취량, 체중 증가량 및 사료 효율

사료 섭취량은 이틀에 한 번씩, 체중은 일주일에 한 번씩 측정하였고 이 자료를 이용하여 각 군의 사료 효율을 산출하였다.

### 구강 투여에 의한 혈당 내응력 검사

(Oral glucose tolerance test)<sup>9</sup>

6주간의 실험 식이 급여 후 18시간 이상 절식시킨

쥐의 꼬리로부터 0.2ml의 혈액을 헤파린 처리한 polyethylene centrifuge tube에 채취하고 75% 포도당 용액을 구강 투여하였다 (체중 100g당 0.3ml). 30분, 60분, 120분 후에 각기 쥐의 꼬리로부터 혈액을 채취하고 원심분리하여 얻은 혈장 20μl내 포도당의 농도를 glucose oxidase법에 의한 Chemical kit(일본 Wako사 제품)를 사용하여 측정하였다.

#### 혈청 지방 측정용 혈액 채취 및 채장과 소장 점막 균질액의 준비

약 18시간 동안 절식시킨 쥐를 ethyl-ether로 마취시킨 상태에서 심장으로부터 채혈하고 난 다음 즉시 채장과 소장을 취하여 혈액을 제거하였다. 채장은 10ml의 식염수와 함께 회석하여 균질화하고 3500rpm에서 20분간 원심분리하여 얻은 상정액을 분석 전까지 -20°C에 냉동 보관하였다. 소장은 유문부로부터 10cm부분을 심이지장으로 나머지 소장의 상부 절반을 공장으로, 하부 절반을 회장으로 나눈 다음 각 장을 펼쳐 식염수로 잘 내용물을 헹구어 내고 장 점막을 slide glass로 긁어 내었다. 이 장 점막 추출액 중 심이지장 용액에는 7.5ml를 공장과 회장 용액에는 15ml의 식염수를 넣고 균질화한 후 채장에서와 같이 원심분리하여 상정액만 취하여 분석 전까지 -20°C에서 냉동보관하였다.

#### 혈청 지방 정량

혈청 중의 중성 지방은 glycerol-3-phosphate oxidase(GPO)-p-chlorophenol coloring method<sup>[10]</sup>를 이용한 kit시약(일본 Wako사 제품)을 사용하여 분석하였고 혈청 인지질량은 choline oxidase phenol법<sup>[11]</sup>을 응용한 kit시약(일본 Wako사 제품)을 사용하여 정량하였다. 혈청 총 콜레스테롤은 cholesterol oxidase-p-chlorophenol법<sup>[12]</sup>을 이용한 일본 Wako사의 kit 시약을 사용하였으며 혈청 HDL-cholesterol은 동일 회사 제품의 헤파린-망간을 함유한 침전제를 가하여  $\beta$ -lipoprotein(LDL, VLDL)을 침전시킨 후 총 콜레스테롤 측정시와 같이 정량하였다. 혈청 총 지질 함량은 sulfo-phospho-vanillin reaction을 원리로 한 Frings<sup>[13]</sup>의 방법으로 비색 정량하였다.

#### 채장 및 소장 점막 균질액의 총 단백질 함량<sup>[14]</sup>

Pyrogallol-molybdenum complex를 발색제로 하는

일본 Wako사의 kit시약을 사용하여 정량하였다.

#### 췌장 균질액의 전분 가수분해 효소 활성 측정

췌장의 가수분해 효소의 활성의 측정은 환원당 정량법인 dinitrosalisylicate법<sup>[15,16]</sup>에 따라 하였으며 그 방법은 다음과 같다.

먼저, 모든 시약을 실험 하루 전날에 제조하여 냉장 보관하였다. 시험관에 시료 100μl와 2% 전분용액인 기질 1ml를 넣어 37°C에서 10분간 배양한 후 즉시 시험관을 100°C 물에 넣어 효소 활성을 억제시켰으며 2.0ml의 발색시약 (1%의 3,5-dinitrosalisylicate)를 넣어 정확히 5분간 가열 후 냉각시켜 540nm에서 맹검을 대조로 시료의 흡광도를 측정하였다. 효소 활성은 췌장 균질액의 단백질 mg당 1시간동안 생성된 환원당의 양으로 표시하였다.

#### 소장 점막 균질액의 이당류 가수분해 효소 활성 측정

소장 이당류 가수분해 효소의 활성은 Tris-glucose oxidase(TGO reagent)를 발색제로 하는 Dahlqvist<sup>[17]</sup>의 방법에 따라 측정하였으며 그 방법은 다음과 같다.

#### 서당 가수분해 효소 활성 측정

냉동시킨 소장 균질액을 녹여 그 중 공장 점막 용액은 1/4로 회장 점막 용액은 1/2로 회석하였다. 시험관에 균질액과 기질(0.056M sucrose/0.1M malate buffer) 용액 각각 100μl씩 취하여 37°C에서 30분간 진탕 혼화하였다. 즉시 100°C의 물에 넣고 0.8ml의 종류수를 첨가하여 2분간 끓여 효소 활성을 억제시킨 후 냉각시킨 용액 0.5ml에 3.0ml의 발색시약(Tris-glucose oxidase reagent)을 첨가하였다. 이것을 37°C에서 60분간 진탕 혼화한 후 420nm에서 맹검을 대조로 표준 용액과 시료의 흡광도를 측정하였다.

#### 맥아당 가수분해 효소 활성 측정

시험관에 균질액(모든 장 점막의 용액을 1/4회석하여 사용하였음.)과 기질(0.056M maltose/0.1M maleate buffer) 용액을 각각 100μl씩 취한 후 37°C에서 10분간 진탕 혼화하였으며 이후 방법은 서당 가수분해 효소 활성 측정시와 동일한 과정으로 행하였다.

소장의 가수분해 효소 활성은 점막 균질액의 단백질 mg당 1시간 동안 가수분해된 기질의 양으로 표시하였다.

Table 2. Weekly feed efficiency ratio

Experimental period	Group		
	Cornstarch	Sucrose	Glycosyl-sucrose
1st week	0.323±0.008 <sup>b</sup>	0.378±0.025	0.336±0.012
2nd week	0.367±0.009 <sup>a</sup>	0.409±0.048 <sup>b</sup>	0.331±0.012 <sup>a</sup>
3rd week	0.281±0.014	0.346±0.018	0.303±0.017
4th week	0.294±0.013	0.279±0.019	0.276±0.006
5th week	0.235±0.017	0.242±0.009	0.207±0.019
6th week	0.151±0.055	0.134±0.023	0.122±0.022

<sup>a</sup> Mean±S.E.<sup>b</sup> Mean with different superscript letters within a row are significantly different from each other at p<0.05 as determined by Newman-Keuls' multiple range test

### 통계처리

각 군의 평균치들간의 차이는 Newman-Keuls' test (Student-Newman-Keuls' test)<sup>13)</sup>를 이용하여 검증하였다.

### 결과 및 고찰

#### 사료 효율 및 체중증가량

사료 섭취량과 체중 증가량으로부터 얻어진 사료 효율은 Table 2에서 보는 바와 같이 2주째 sucrose군에서 약간 증가함을 볼 수 있었으나 cornstarch군, sucrose군, glycosyl-sucrose군의 최종 체중에 있어서는 세 군간에 유의적인 차이가 없었다. 실험 식이의 종 열량량에 대한 분석을 거치지 않았으므로 각 식이

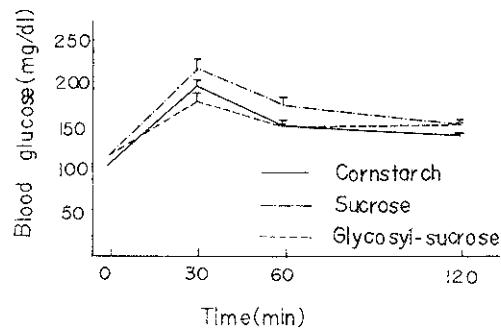


Fig. 1. Changes in mean ( $\pm$  S.E.) blood glucose concentrations after oral administration of glucose solution into rats previously consuming cornstarch, sucrose and glycosyl-sucrose diet(mg/dl).

간의 열량 차이가 어느 정도인지 정확히 알 수는 없지만 총 식이 중량의 20%에 해당하는 각 탄수화물이 차지하는 열량 비율의 차이가 사료 효율이나 체중증가에 영향을 미칠만큼 큰 비중을 차지하지는 않는 것으로 사료된다. 선 등<sup>14)</sup>은 상당한 열량차이를 보이는 세 식이군을 성장기의 쥐에게 2주 동안 자유 섭식하도록 하였을 때 최종 체중에 큰 차이를 보이지 않는다고 하여 빠른 성장기에 있는 쥐의 사료내 열량의 차이가 중체량에 큰 영향을 미치지 않음을 보고하였다.

#### 구강 투여에 의한 혈당 내응력 검사

포도당 용액의 구강 투여에 의한 120분간의 혈당

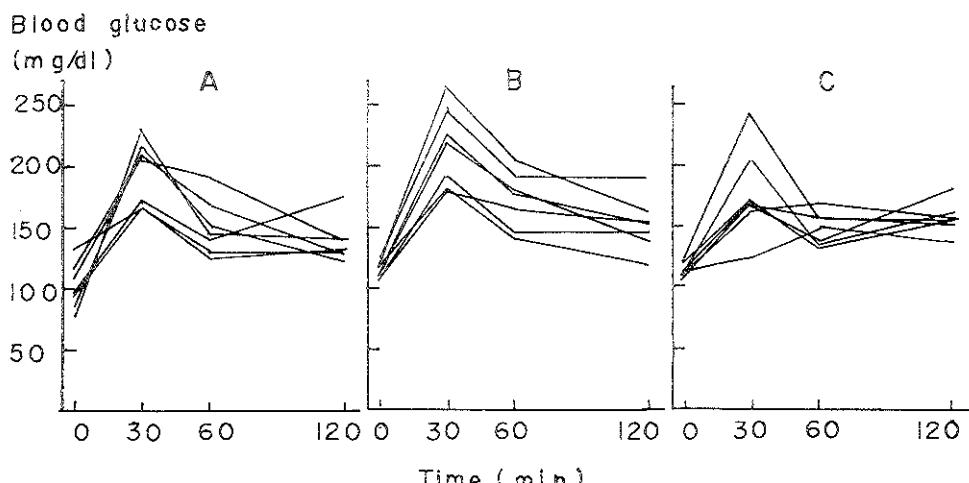


Fig. 2. Changes of blood glucose concentrations in the control group(A), sucrose group(B), and glycosyl-sucrose group(C).

**Table 3. Total integrated serum glucose response area**

Groups	M±S.E.	Range
Cornstarch	302.3± 9.7	267.1~340.0
Sucrose	339.3±16.4	283.2~396.6
Glycosyl-sucrose	305.1± 8.4	269.5~342.9

농도의 시간별, 개인별 변화를 Fig. 1과 2에 나타내었다. 채혈 시간별로 살펴보았을 때 세 식이군의 차이에 유의성을 보이지는 않았으나 공복시의 평균 혈당 농도는 glycosyl-sucrose군이 cornstarch군에 비해 높았으며 sucrose군과는 비슷한 수준이었다. 서당의 섭취 기간이 길어짐에 따라 인체의 공복시의 혈당 농도가 cornstarch를 섭취한 군에 비하여 점차 높아짐을 보고한 바<sup>20)</sup>는 있으나 glycosyl-sucrose등의 oligosaccharide에 관한 보고는 찾을 수 없었다.

그러나 포도당 투여 30분과 60분 후의 혈당치는 sucrose군에 비해 glycosyl-sucrose군이 낮은 경향을 보였다. 포도당 투여 후 120분에 이르러서는 glycosyl-sucrose군은 공복시와 같이 sucrose군과 비슷한 결과를 나타내었다. 이에 대한 정확한 해석은 현재로선 불가능하나 120분 후에 나타난 glycosyl-sucrose군의 혈당 농도는 쥐가 정상시의 혈당으로 복귀되는 과정에서 개체마다 나타내는 약간의 변동으로 볼 수 있지 않나 생각된다. 또한 포도당 용액 투여 후의 120분 간의 총 혈당반응면적 (total integrated blood glucose response area)<sup>9,21)</sup>을 계산하여 비교해 본 결과 세 군 간에 통계적인 유의성은 나타나지 않았으나 cornstarch군, sucrose군과 glycosyl-sucrose군에서 각각 302.3±9.7mg/dl, 339.3±16.4mg/dl, 305.1±8.4mg/dl(평균±SD)로 glycosyl-sucrose식이군은 sucrose식이군에 비하여 낮은 총혈당반응면적을 보였으며 cornstarch 군과 비슷한 결과를 보였다 (Table 3). 이는 인체를 대상으로 한 실험에서 복합다당류에 비해 서당의 비율이 높아짐에 따라 총혈당반응면적이 증가한다고 보고한 Reiser 등<sup>22)</sup>의 결과와 유사한 점이 있다.

이로써 OGTT(oral glucose tolerance test) 동안 glycosyl-sucrose군이 sucrose군에 비해 전반적으로 낮은 혈당반응을 보였다고 할 수 있겠다. 따라서 본 결과에서 보이는 sucrose군과의 차이는 사료내에 glycosyl-sucrose의 양을 증가시킬 경우 더욱 뚜렷하게 나타나지 않을까 사료된다.

지금까지 탄수화물의 종류와 양 및 그 조성에 따

**Table 4. Blood lipid contents**

Lipid	Group (mg/dl)		
	Cornstarch	Sucrose	Glycosyl-sucrose
Total lipid	261.83±18.25 <sup>b</sup>	236.29±15.23	306.29±35.74
Triglyceride	99.07±11.63	106.04±10.16	123.89±22.16
Phospholipid	131.53± 3.99	141.02± 9.99	142.11± 7.50
Total cholesterol	92.76± 4.46	97.31± 8.46	100.12± 6.50
HDL-cholesterol	62.63± 3.39	62.81± 5.06	67.36± 6.58

<sup>b</sup> Mean±S.E.

라 나타나는 동물과 인체에서의 혈당 반응에 관한 많은 보고가 있어 왔다. 그 중에서도 탄수화물의 정량적 구성에 따른 효과면에서는 일치되지 않는 결과를 나타내기도 하였으나 탄수화물의 형태별로는 대체로 일치하여<sup>20,22)</sup> 탄수화물의 총 섭취량 중에서 전분 등 복합 다당류의 비율이 감소하고 이당류 및 단당류의 비율이 증가함에 따라 혈당반응이 높아짐을 많이 보고하고 있다.

이번 실험에서도 특히 총혈당반응면적에 있어 위의 타 논문들과 비슷한 결과를 나타내었다고 볼 수 있으며 그 조성으로 미루어보아 혈당에 미치는 영향이 sucrose에 가까울 것으로 예상되었던 glycosyl-sucrose 가 오히려 cornstarch에 더 가까운 것으로 나타났다.

#### 혈청지질함량

혈청 지질 함량은 Table 4에서 볼 수 있듯이 sucrose군과 cornstarch군은 매우 유사하였고 glycosyl-sucrose군에서 중성지방과 총지질함량이 약간 증가하는 경향을 보였으나 통계적인 유의성은 없었다.

따라서 식이 종량의 20% 수준에서 서당이나 glycosyl-sucrose는 본 실험에서 사용한 Sprague-Dawley 종의 쥐에서는 체내 지질 대사에 큰 영향을 주는 것 같지 않다. Allen<sup>23)</sup>은 설탕을 섭취시켰을 때 흰쥐에서 혈청 지방 수준이 증가함을 보고하였으나 이 경우 설탕 섭취량이 식이 무게의 80%로서 본 실험에서 사용한 양의 4배에 달하는 양이었다. 또한 현재까지 복합당질에 비해 서당 등이 고지혈증을 초래하는 것으로 알려진 예는 대부분 특이한 유전 형질을 가진 종들 (L-A/N-corpulent rat<sup>24)</sup>, Zucker rat<sup>25)</sup>)와 BHE rat<sup>26)</sup>에 국한된 것이었다. Berdanier<sup>27)</sup>는 오랜 기간 서당을 섭취시킨 쥐에서 초기에는 지방 합성도가 증가하였으

**Table 5. Hydrolysing activities<sup>a</sup> of pancreatic homogenates( $\alpha$ -amylase) on starch**

Group	Cornstarch	Sucrose	Glycosyl-sucrose
Activities	8.64±2.11 <sup>b</sup>	10.85±3.22	21.20±9.92

<sup>a</sup> Units : mmole reducing sugar/mg protein/hr<sup>b</sup> Mean±S. E.**Table 6. Hydrolysing activities<sup>a</sup> of intestinal mucosa homogenates on sucrose**

Intestinal regions	Group		
	Cornstarch	Sucrose	Glycosyl-sucrose
Duodenum	6.04±0.78 <sup>b</sup>	6.48±1.17	5.88±1.36
Jejunum	10.48±1.99 <sup>ab</sup>	8.78±1.99 <sup>a</sup>	3.47±0.40 <sup>b</sup>
Ileum	8.40±0.98 <sup>a</sup>	5.19±0.96 <sup>b</sup>	3.28±0.46 <sup>b</sup>
Total	25.20±2.95 <sup>a</sup>	20.45±2.97 <sup>ab</sup>	12.63±1.57 <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Units :  $\mu$  mole substrate hydrolysed/mg protein/hr<sup>b</sup> Mean±S. E.<sup>a</sup> Mean with different superscript letters within a row are significantly different from each other at  $p<0.05$  as determined Newman-Keuls' multiple range test

나 곧 정상으로 돌아와 고서당 식이에 대한 적응 능력이 있음을 보고하였다.

#### 췌장 및 소장의 가수분해 효소 활성

본 실험 결과에서는 개체간의 차이가 커서 통계적 유의성은 없었으나 glycosyl-sucrose군에서 췌장의 아밀라아제 활성이 증가되는 경향을 보여주었다.

소장 각 부위에서 효소 활성에 대한 결과를 합하여 Table 6과 7의 최하단에 나타내었다.

소장 전체에서는 glycosyl-sucrose군의 두 이당류 가수분해 효소 활성이 다른 두 군에 비해 낮아진 것으로 나타났으며 sucrose군에서는 맥아당 가수분해 효소 활성만 대조군에 비해 감소된 것으로 나타났다.

소장의 각 부위별로 효소 활성을 볼 때 십이지장에서의 효소 활성은 모든 군에서 비슷하게 나타났으며 공장과 회장에서는 식이에 따라 차이가 있었다.

즉, 서당 가수분해 효소 활성의 경우(Table 6) cornstarch군에 비해 sucrose군의 회장에서 오히려 감소되었으며 ( $p<0.05$ ) glycosyl-sucrose군에서는 공장과 회장에서 현저히 감소되었다(순서대로  $p<0.01$ ,  $p<0.001$ ). 맥아당 가수분해 효소 활성(Table 7)은 특히 공장 점막에서 차이가 심하여 cornstarch군에

**Table 7. Hydrolysing activities<sup>a</sup> of intestinal mucosa homogenates on maltose**

Intestinal regions	Group		
	Cornstarch	Sucrose	Glycosyl-sucrose
Duodenum	52.65±6.72 <sup>a</sup>	50.08±6.94	48.31±6.66
Jejunum	189.45±21.02 <sup>ab</sup>	93.38±17.57 <sup>b</sup>	39.38±4.10 <sup>b</sup>
Ileum	221.39±39.64 <sup>a</sup>	117.90±12.44 <sup>b</sup>	80.56±9.30 <sup>b</sup>
Total	459.08±35.15	261.36±25.38	168.24±11.34

<sup>a</sup> Units :  $\mu$  mole substrate hydrolysed/mg protein/hr<sup>b</sup> Mean±S. E.<sup>a</sup> Mean with different superscript letters within a row are significantly different from each other at  $p<0.05$  as determined Newman-Keuls' multiple range test

비하여 sucrose군에서, 또한 sucrose군에 비하여 glycosyl-sucrose군에서 유의적으로 낮아져있음을 볼 수 있었다. 두 실험군의 회장 점막에서는 이 효소 활성이 cornstarch군에 비해 낮게 나타났으나 두 군간의 차이는 없었다. 소장에서의 sucrose군의 maltose 가수분해 활성에 대한 결과는 Jones 등<sup>20</sup>이 식이 중량의 68%를 서당으로 대치시켜 40일된 쥐에게 섭취시켰을 때 소장의 이당류 가수분해 효소들의 활성이 제1주부터 낮아지기 시작하여 3주째 최소가 되었으며 이후 12주까지 그 효과가 지속되었다는 보고와 상통한다.

그러나 Sergio<sup>21</sup>는 4~9개의 포도당 잔기를 가진 올리고당으로 구성된 포도당 중합체(glucose polymer)를 단기간 섭취시킨 쥐의 소장에서 이당류 가수분해 효소의 활성이 증가된다고 하면서 이 포도당 중합체의 특성은 전분보다 오히려 설탕에 가까운 것이라고 하였다. 본 실험에서 glycosyl-sucrose의 장기적인 섭취가 십이지장을 제외한 나머지 소장 점막의 이당류 가수분해 효소 활성을 감소시키는 것으로 보아 glycosyl-sucrose가 소화기전에 미치는 영향은 위에서 기술한 포도당 중합체와는 다른 양상을 보이는 것으로 사료되며 오히려 단당류에 의해 유도된 결과<sup>22</sup>와 유사한 것으로 나타났다.

결론적으로 식이내 20% 정도의 glycosyl-sucrose의 장기복용은 췌장의  $\alpha$ -amylase 활성을 증가시키고 소장의 이당류 가수분해 효소의 활성을 감소시키는 등의 영향을 주기는 하였으나 혈청지질 농도에는 큰 영향을 주지 않았으며 glucose tolerance test에서는 sucrose보다 cornstarch에 가까운 양상을 보여주어 서당에 비해 오히려 바람직한 혈당반응을 보여주었다.

따라서 서론에서 기술한 glycosyl-sucrose의 여러 가지 물리 화학적인 장점들과 함께 고려해 볼 때 우리나라 식품산업계, 특히 충치 발생 억제가 필요로 되는 유아용 제과류 제조에 사용하기에 비교적 적절한 감미료로 사료되나 아직도 소화, 흡수율 등 인체에 미치는 영향에 대해서는 계속적인 연구가 이루어져야 할 것으로 보인다.

## 요 약

평균 체중이  $137.51 \pm 4.84\text{g}$ 인 Sprague-Dawley종 수컷 22마리를 세 군으로 나누어 각각 68% cornstarch 식이 (cornstarch군) 와 20% sucrose+48% cornstarch 식이 (sucrose군), 그리고 20% glycosylsucrose+48% cornstarch 식이 (glycosyl-sucrose군)로 6주간 사육하여 glycosyl-sucrose가 혈당 및 혈청 지질 농도, 당 가수분해 효소의 활성에 미치는 영향을 검토하였다. 사료 섭취량, 체중 증가량 및 사료 효율에 있어서는 세 군간에 유의적인 차이를 볼 수 없었다. Glycosyl-sucrose군에서 공복시의 혈당 농도는 sucrose군과 비교해 차이가 없었으나 포도당 투여 30분 후, 60분 후의 혈당치는 낮은 경향을 보였다. 또한 총혈당반응면적 (total integrated blood glucose response area)도 sucrose군에 비해 낮은 경향을 보였다. 혈청 지질 함량은 분석한 지질 (중성 지방, 인지질, 총콜레스테롤, HDL-콜레스테롤) 모두에 있어 세 군간에 통계적 유의성은 없었다. 체장-amylase 활성은 glycosyl-sucrose 군에서 증가하는 경향을 보였다. 소장 점막, 특히 공장과 회장에서의 서당 가수분해 효소 활성은 glycosyl-sucrose군이 다른 두 군에 비해 유의적으로 감소되었다. 맥아당 가수분해 효소의 활성은 cornstarch군에 비해 glycosyl-sucrose군의 공장과 회장 부위에서 낮게 나타났으며 특히 공장에서는 sucrose군보다도 유의적으로 낮은 수치를 보였다.

## 문 현

- Maurice, E. S. and Verman, R. Y. : Modern nutrition in health and disease. 7th ed. Lea and Febiger, Philadelphia, p. 38 (1978)
- Biernan, E. L. : Carbohydrate and sucrose intake in causation of atherosclerotic heart disease, diabetes mellitus and dental caries. *Am. J. Clin.*

*Nutr.*, 32, 2644 (1979)

- John, D. F., Madelyn, H. F. and Patricia, E. G. : Effect of aspartame ingestion on the carbohydrate-induced rise in tryptophan hydroxylation rate in rat brain. *Am. J. Clin. Nutr.*, 44, 195 (1986)
- Tsuneyuki, O., Takahisa, T. and Norimasa, H. : Nondigestibility of a new sweetener, "Neosugar" in rat. *J. Nutr.*, 114, 1574 (1984)
- 内藤二佐男 : カップリソダ シュガ-. 食品業事典, 日本食糧新聞社, 東京, p. 177 (1982)
- 손천배, 유미경, 김명희, 문숙경 : 호 알칼리성 *Bacillus sp.* No. 4의 cyclodextrin glycosyltransferase에 의한 glycosyl sucrose의 생산과 저충치성 당으로서의 응용. 한국식품과학회지, 23, 503 (1991)
- 설혜미 : Glycosylsucrose의 이화학적 특성. 충남대학교 석사학위논문 (1991)
- Henry, L. F. and David, J. S. : The mouse in biochemical research. Academic Press, New York, Vol. 3, p. 52 (1983)
- Mondon, C. E. and Reaven, G. M. : Evidence of abnormalities of insulin metabolism in rats with spontaneous hypertension. *Metab. Clin. Exp.*, 37, 303 (1988)
- Bucolo, G. and David, H. : Quantitative determination of serum triglycerides by the use of enzymes. *Clin. Chem.*, 19, 476 (1973)
- Takayama, M., Itoh, S., Nagasaki, T. and Tanimizu, I. : A new enzymatic method for determination of serum choline-containing phospholipids. *Clin. Chim. Acta*, 79, 93 (1977)
- Allain, C. C., Poon, L. S., Chan, C. S. G., Richmond, W. and Fu, P. C. : Enzymatic determination of total serum cholesterol. *Clin. Chem.*, 20, 470 (1974)
- Frings, C. S. and Dunn, R. T. : A colorimetric method for determination of total serum lipids based on the sulfo-phospho-vanillin reaction. *Clin. Chem.*, 53, 89 (1970)
- Fujita, Y., Mori, I. and Kitano, S. : Application of xanthene derivatives for analytical chemistry. Part XXXIV. Color reaction between pygallo red-molybdenum(VI) complex and protein. *Bunseki Kagaku*, 32, E379 (1983)
- Ronal, L. S., Shinichiro, H. and Berk, J. E. : A new microsaccharogenic method for serum amylase determination. *Am. J. Clin. Path.*, 46, 582 (1966)
- Dahlqvist, A. : A method for the determination of amylase in intestinal contents. *Scand. J. Clin. Lab. Invest.*, 14, 145 (1962)
- Dahlqvist, A. : Method for assay of intestinal disaccharidase. *Anal. Biochem.*, 7, 18 (1964)
- Jerrold, H. Z. : Biostatistical analysis. Prentice-Hall Inc., London, p. 151 (1974)
- 선영실, 정정수, 장유경 : 식이중 지방 및 탄수화

- 물의 비율과 열량 제한이 혈증의 인슐린 민감도에 미치는 영향. *한국영양학회지*, 22, 266(1989)
20. Reiser, S., Handler, H. B., Gardner, L. B., Hallfrisch, J. G., Michaelis, O. E. and Prather, E. S. : Isocaloric exchange of dietary starch and sucrose in humans. *Am. J. Clin. Nutr.*, 32, 2206(1979)
  21. Reiser, S., Hallfrisch, J., Fields, M., Powell, A., Mertz, W., Prather, E. S. and Canary, J. J. : Effects of sugars on indices of glucose tolerance in humans. *Am. J. Clin. Nutr.*, 43, 151(1986)
  22. Reiser, S., Bohn, E., Hallfrisch, J., Michaelis, O. E., Keney, M. and Prather, E. S. : Serum insulin and glucose in hyperinsulinemic subjects of three different levels of sucrose. *Am. J. Clin. Nutr.*, 34, 2348(1981)
  23. Allen, R. J. L. : Some effect of dietary dextrose, fructose, liquid glucose and sucrose in the adult male rat. *Br. J. Nutr.*, 20, 339(1966)
  24. Michaelis, O. E., Ellwood, K. C., Tulp, O. L. and Greenwood, M. R. C. : Effects of feeding sucrose or starch diets on parameters of glucose tolerance in the LA/N corpulent rat. *Nutr. Res.*, 6, 95(1986)
  25. Basilico, M. A., Chanussot, F., Villaume, C., Lombardo, Y. B. and Derby : Effects of carbohydrate type upon obesity and hyperlipidemia in the Zucker fa/fa rat. *Ann. Nutr. Metab.*, 28, 253(1984)
  26. Berdanier, C. D., Tobin, R. B. and Devore, V. : Effect of age, strain and dietary carbohydrate on the hepatic metabolism of male rats. *J. Nutr.*, 109, 261(1979)
  27. Berdanier, C. D. : Interacting effects of carbohydrate and lipid on metabolism. In "Nutrient interactions" Marcel Dekker, Inc., New York, p. 265(1988)
  28. Jones, D. P. and Sosa, F. R. : Effects of glucose, sucrose and lactose on the intestinal disaccharidase in the rat. *J. Lab. Clin. Med.*, 79, 19(1972)
  29. Sergio, A. B. : Dietary regulation of intestinal glucohydrolase in adult rats. : Comparison of the effect of solid and liquid diets containing glucose polymers, starch or sucrose. *Am. J. Clin. Nutr.*, 43, 891(1986)

(1991년 9월 22일 접수)