

# 자일리톨 함유 식품이 합성 수산화인회석에 대한 *Streptococcus mutans*의 부착에 미치는 영향에 관한 실험적 연구

이재춘 · 이광희 · 김대업

원광대학교 치과대학 소아치과학교실 · 원광치의학연구소

### 국문초록

현재 치과계에서 가장 효과를 인정받는 대체 감미료로 자일리톨이 있으며, 최근 관련상품이 증가 하고 있다. 하지만 많은 관련 상품은 제품에서 자당이 차지하는 부분 모두를 자일리톨로 대체하지 못하고 부분대치하고 있기 때문에 자당 존재하의 조건에서 자일리톨의 항우식 작용이 임상적으로 더 중요하다고 할 수 있다.

본 연구의 목적은 자당과 자일리톨의 다양한 농도비의 조건에서 자일리톨의 항우식 작용의 정도를 규명하고자 함이며 자당과 자일리톨의 농도비를 달리한 각 실험용액에서 *S. mutans*의 합성수산화인회석에 대한 부착능과 치아미세경도 변화량을 측정하였으며 아래와 같은 결과를 얻었다.

1. 자당과 자일리톨의 혼합시 배지에 자당만을 추가한 대조군에 비해 *S. mutans*의 합성수산화인회석 입자 표면에 대한 부착을 유의하게 감소시킬 수 있는 자일리톨의 최소 부착억제 농도비는 자당과 자일리톨이 25:75 이었다( $P < 0.05$ ).
2. 법랑질 미세경도 측정 결과 자당만 첨가한 1군에 비해 자당과 자일리톨이 50:50인 4군부터 미세경도 감소치가 유의하게 줄어들었다( $P < 0.01$ ).

**주요어** : 자일리톨, 세균 부착능, 미세경도, 농도비

## I. 서 론

치아우식증은 인류에서 가장 빈발하는 만성질환 중 하나이며, 1970년대 이후 선진국을 중심으로 그 유병률이 감소하고 있으나 개발도상국 등에서는 오히려 증가하는 추세이다<sup>1-5</sup>. 이런 치아우식 증가의 주된 원인으로 자당(sucrose, 설탕)의 소비 증가를 들 수 있다<sup>6,7</sup>. 자당은 사람의 치아우식증을 유발시키는 가장 중요한 세균인 *Streptococcus mutans*의 영양원이며 이 세균의 우식 유발능은 자당으로부터의 점착성의 비수용성 glucan을 생산하는 능력과 깊은 관련이 있는 것으로 보고되고 있다<sup>7</sup>. 자당은 또한 비만 등의 전신 질환과도 관련이 있어, 치아우식증 예방이나 전신건강의 측면에서 설탕대체물에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다<sup>8</sup>. 대표적인 대체감미료로 솔비톨(Sorbitol), 파라티노스(Paratinose), 만니톨(Mannitol), 라이카신(Lycasine), 아스파탐(Aspartam), 자일리톨(Xylitol) 등이 있으며<sup>9</sup> 이들 중 일부는 치아우식증 예방효과가 있는 것으로 보고되고 있으나 현재 치의학 분야에 가장 활발히 연구되고 있는 물질은 자일리톨이다. 아직까지 자일리톨의 작용이 명확

하게 밝혀지지 않았지만 *S. mutans*에 의해 대사되지 않는 비우식성 식품으로 그 항우식효과에 대한 가능성으로 주목받고 있다<sup>10</sup>.

자일리톨은 자연계에서 존재하는 5탄당 알코올이며, 설탕과 같은 정도의 단맛을 내고 시원한 느낌을 주는 것이 그 특징이며 현재, 주로 비우식성 제과류와 당뇨환자를 위한 식이 조절성 식품, 의약품 그리고 치약에 포함되어 사용되고 있다. 치아우식을 감소시키는 자일리톨의 작용으로는 첫째, 타액 분비 촉진과 치태내 pH 상승에 의한 법랑질의 탈회방지와 재광화 작용<sup>11</sup>이 있으며 둘째, 타액내 아미노산과 glycine, amylase, carbonic anhydrase등 타액내 성분들의 양과 작용의 증가<sup>12-17</sup>가 있으며 셋째, 세균의 증식 및 대사 억제작용과 세포벽의 골격과 치면 부착에 필수적인 lipoteichoic acid(LTA), lectin과 같은 거대분자 형성 억제작용이 있다.

자일리톨은 예방치료 목적으로 쓰이는 클로로헥시딘이나 불소와 함께 사용하더라도 *S. mutans*나 *S. sanguis*에 대한 항우식 효과는 방해받지 않는 것으로 보고되고 있다<sup>18</sup>. 자일리톨을 장기간 사용할 경우 자일리톨에 영향 받지 않는 변이종(xylitol-resistant mutans streptococci)이 구강 내에 출현하게 되

나 비전이종에 비해 쉽게 치태에서 탈락되어 타액의 연하운동에 의해 처리될 수 있다<sup>19,22)</sup>. 자일리톨에 대한 가장 대표적인 임상연구인 핀란드의 Turku 설탕연구에 의하면 자당과 과당, 자일리톨 등 세 가지 실험군으로 1년 간 섭취시킨 결과 자당을 섭취한 군에 비해 자일리톨을 섭취한 군에서 상대적으로 90%의 우식 발생 감소를 보고했으며<sup>23)</sup>, 다른 실험에서 자당 섭취를 제한하지 않은 상태에서 자일리톨을 부가적으로 섭취한 결과 치아우식증의 감소를 보였다고 보고했다. 또한 치태 형성시 발효성 합성탄소인 자당은 *S.mutans*의 에너지원으로서만 아니라 glucan과 fructan같은 세포의 다당류, lipoteichoic acid, lectin 같은 부착물질을 형성할 수 있도록 하는데, 구강내 세균의 성장과 대사 외에도 치아면에 부착하는 정도가 치아우식증 유발의 중요한 변수로 작용한다<sup>24)</sup>. 즉, 부착에 관여하는 물질이 많을수록 치태 세균들은 치아면에 쉽게 부착하며 오래 유지되게 되는데 *S. mutans*는 glucosyltransferase와 fructosyltransferase에 의해 자당으로부터 glucan과 fructan 같은 세포의 다당류를 형성하게 된다. Glucan은 수용성과 비수용성으로 나뉘며 비수용성 glucan은 수용성 glucan에 비해 세균이 치아면에 더 잘 부착하게 하여 치아우식증을 더 많이 일으키게 한다<sup>11,24)</sup>.

최근 우리나라에서도 자일리톨에 대한 관심이 높아져 관련 상품들이 증가하고 있다. 그러나 대부분의 자일리톨 관련 상품들은 설탕을 완전 대체하지 못하고 부분적으로 혼합되어 판매되고 있다. 자일리톨에 대한 우식억제능력은 이미 많이 알려진 사실이지만, 자당과 자일리톨의 부분적인 배합시 자일리톨의 항우식 효과 및 그 정도가 임상적으로 중요하다 할 수 있으며 또한, 현재의 논쟁의 대상이 되고 있다.

자당과 자일리톨이 혼합되어 있을 경우 Soderling 등<sup>25)</sup>은 자일리톨 존재시 *mutans streptococci*가 자당으로부터 비수용성 glucan을 합성하는 능력이 감소하여 부착능력도 감소한다고 보고하였으며, 반대로 Muhlemann 등<sup>26)</sup>은 *mutans streptococci*의 자당대사, 자당을 이용한 치면부착, 그리고 궤에서 초기 치태가 형성되는 과정에서 자일리톨은 영향을 주지 않는다고 보고하였으며, *mutans streptococci*의 glucan합성과 glucan을 매개로 한 치면부착에 대한 자일리톨의 효과는 *mutans streptococci*의 타액흡착 수산화인회석(Saliva-coated hydroxyapatite: SHA)에 대한 부착능력이 자일리톨에 의해 영향을 받지 않는다는 보고<sup>27)</sup>도 있으며 *mutans streptococci*의 glucose, sorbitol 대사와 이들 당을 기초로 한 *mutans streptococci*의 성장은 자일리톨에 의해 억제되는<sup>28-33)</sup> 반면, 자당이나 과당을 기초로 한 *S. mutans*의 성장은 자일리톨에 의해 영향을 받지 않는다는 보고도 있다<sup>11,26,33)</sup>.

본 연구의 목적은 자당과 자일리톨의 농도 변화에 따른 *S. mutans*의 합성 수산화인회석 표면에 대한 부착능의 변화와 산생성의 변화에 따른 범람질의 미세경도 감소의 차이를 측정함으로써 *S. mutans*의 치면 부착 및 탈회를 줄일 수 있는 적절한 자당과 자일리톨의 농도비를 규명하는 데 있다.

## II. 연구재료 및 방법

### 1. 세균 부착능 억제 실험

#### 가. 타액준비

건강한 성인 10명을 대상으로 파라핀 왁스를 이용한 자극성 타액을 채취하여 12,000rpm의 속도로 15분간 원심분리 후 상층액을 취한 다음, membrane filtering을 통해 세균 처리하였으며 타액내 함유된 각종 분해효소의 불활성화를 목적으로 60℃에서 30분간 처리한 후 사용하였다.

#### 나. 세균의 준비

원광대학교 치과대학 미생물학교실에서 분양받은 *Streptococcus mutans* JC-2 균주를 Brain-Heart-Infusion (BHI, Difco, USA)에 접종하여 37℃ 혐기성 상태에서 24시간 동안 anaerobic jar(BBL gaspack® system, USA)를 이용하여 배양한 다음 실온에서 24시간 배양 후 실험에 이용하였다.

#### 다. 합성수산화인회석 입자 준비

합성수산화인회석(BHO Biochemical Ltd., England) 30mg을 증류수로 5회 세척함으로써 작은 입자를 제거하고 균일한 입자만을 취한 후 37℃에서 건조시킨다. 이는 균일한 합성수산화인회석 입자만을 취하여 입자의 불균일에서 초래 될 수 있는 실험의 오차를 줄이기 위해서였다.

#### 라. 실험용액 제조

Brain heart infusion 배지를 용매로 하였으며 자당과 자일리톨의 각 농도별로 실험용액을 제조하였다(Table. 1). 각 당의 농도를 달리 하였으며 자당과 자일리톨을 합한 총 당의 함량은 1%로 하였다.

#### 마. 부착억제실험

건조된 수산화인회석 입자 30mg을 1ml의 타액에 넣은 다음 37℃ 회전장치에서 60분간 회전 처리하여 합성수산화인회석 입자에 타액막을 형성한 후 이 외의 타액을 제거하기 위해 합성수산화인회석 입자를 0.01M potassium phosphate 완충액(pH 7.0)으로 3회 세척한 후 자당과 자일리톨의 농도비 별로 제조된 900μl의 각 실험용액에 100μl의 균주를 접종하였으며 37℃ 조건의 회전장치에서 10rpm 속도의 회전상태에서 균주

**Table 1.** Concentrations of sucrose and xylitol expressed as percentage in the growth media used

Sugar	Concentration of sugar					
	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4	Group 5	Group 6
sucrose	0%	1%	0.75%	0.5%	0.25%	0%
xylitol	0%	0%	0.25%	0.5%	0.75%	1%

를 90분 동안 배양하였다. 이는 배양시 합성수산화인회석 입자의 하방 침전을 방지하여 세균과 합성수산화인회석 입자의 균일한 접촉을 유지함으로써 실험상의 오차를 줄이기 위함이다. 배양 후 합성수산화인회석 입자에 부착되지 않은 부유 균주를 제거하기 위하여 0.01M potassium phosphate 완충액(pH 7.0)을 이용하여 3회 세척하고 sonicator(output 10%, 30s)를 이용하여 합성수산화인회석 입자에 부착된 균을 탈락시켰다. 탈락된 균액 100 $\mu$ l을 Mitis Salivarius agar배지(Difco Laboratoies, Detroit, Mich., USA)에 도말하여 37 $^{\circ}$ C 혐기성 배양기에서 24시간 배양후 군집화(colonization)된 균체수를 조사하였다.

2. 미세경도 측정

가. 치아시편 제작

발거 후 생리식염수에 넣어 냉장 보관한 유전치 중 치아우식증이나 색소, 손상, 부착물이 없이 건전한 치면을 가지고 있는 치아를 선택하여, 순면의 법랑질이 노출되도록, 한 변이 1cm인 정육면체의 레진괴에 매몰하였다. 연마기(Metaserv grinder-polisher, Buehler, Germany)를 사용하여 Carbimet disk를 300grit에서 1200grit까지 순차적으로 적용한 후 alumina suspension으로 최종 연마하였으며, 표면미세

경도 측정결과 280VHN 이상의 값을 보이는 시편을 본 실험에 적용하였다.

나. 표면미세경도 측정

제작된 유치 시편의 표면미세경도를 미세경도 측정기(Model MTX-70, Matsuzawa, Japan)를 사용하여 300g의 하중을 15초간 부여하는 조건으로 시편 중앙 세 군데의 Vickers 표면미세경도(Vickers Hardness Number, VHN)를 측정하였다. 제작된 농도별 실험용액에 48시간 동안 치아시편을 담궜던 후 Vickers 표면미세경도를 재측정 하였으며, 실험 전, 후의 감소된 법랑질 Vickers 표면미세경도 차이를 비교하였다.

3. 통계분석

Windows용 SPSS 9.0 통계패키지를 이용한 일원분산분석(one-way ANOVA)을 통해 군간의 차이를 검정하였고, 최소유의차검정법(LSD)으로 사후 검정하였다.

III. 연구성적

1. 세균 부착능 억제 실험

Brain heart infusion 배지만으로 구성된 실험용액에 S. mutans를 접종한 1군의 부착정도는 13.4 $\times$ 10<sup>4</sup>CFU/ml의 세균수를 보였으며 이는 배지 자체내에 0.03%의 dextrose가 포함되어 있기 때문이었을 것으로 생각된다. 2군은 부착정도가 41.0 $\times$ 10<sup>4</sup>CFU/ml으로 대조군에 비해 증가하였다. 3군까지는 오히려 80.3 $\times$ 10<sup>4</sup>CFU/ml 까지 세균 부착능이 비례적으로 증

Table 2. Effect of xylitol on the adhesiveness of S.mutans - JC2 to HA

	Recovery( $\times$ 10 <sup>4</sup> CFU/ml)
Group 1	13.3 $\pm$ 5.7
Group 2	41.0 $\pm$ 18.2
Group 3	80.3 $\pm$ 8.9
Group 4	79.3 $\pm$ 47.5
Group 5	3.9 $\pm$ 2.2
Group 6	1.8 $\pm$ 0.7

ANOVA: F 8.584, P<0.01  
(Mean SD) N=3

Table 3. Significance of difference between groups(by LSD test)

	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4	Group 5	Group 6
Group 1						
Group 2	-					
Group 3	*	*				
Group 4	*	*	-			
Group 5	-	*	**	**		
Group 6	-	*	**	**	-	

- : not significant,  
\* : significantly different(P<0.05),  
\*\* : significantly different(P<0.01)

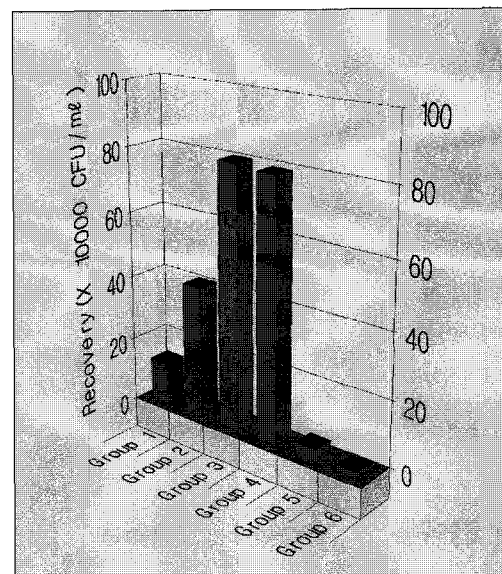


Fig. 1. Effect of xylitol on the adhesiveness of S. mutans to HA surface.

**Table 4.** Surface microhardness before and after incubation(at 37°C for 48 hours)

	VHN before Incubation	VHN after Incubation	Reduction rate(%)
Group 1	306.6± 5.9	257.8± 6.5	15.9±1.1
Group 2	299.9± 7.5	229.8± 6.6	23.3±0.3
Group 3	305.1± 1.7	244.2± 1.1	19.9±0.8
Group 4	288.5±19.7	249.2±19.1	13.6±2.3
Group 5	299.2± 7.4	278.2± 8.6	6.9±0.6
Group 6	302.9± 3.3	292.8± 1.6	3.4±0.5

ANOVA : P < 0.01  
Mean SD N 3

F 141.785

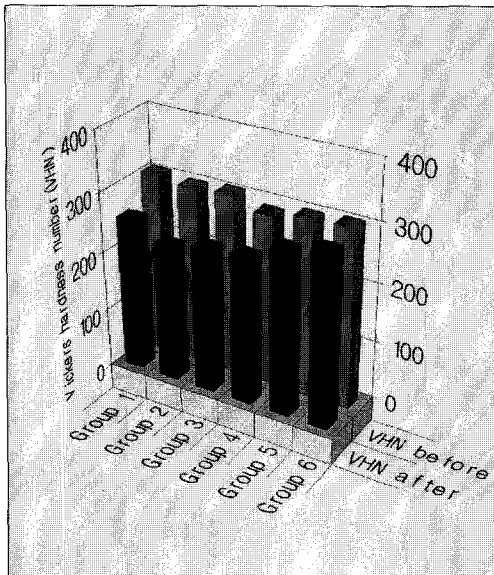
**Table 5.** Significance of difference between groups(by LSD test)

	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4	Group 5	Group 6
Group 1						
Group 2	**					
Group 3	**	**				
Group 4	**	**	**			
Group 5	**	**	**	**		
Group 6	**	**	**	**	*	

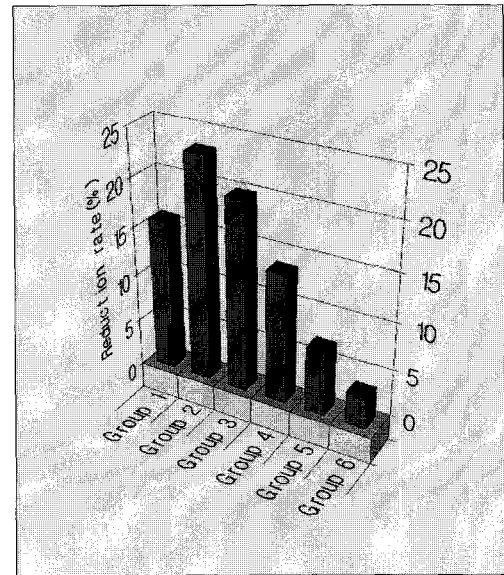
- : not significant,

\* : significantly different(P<0.05),

\*\* : significantly different(P<0.01)



**Fig. 2.** Surface Microhardness value before and after incubation.



**Fig. 3.** VHN reduction rate.

가하였으며 2군에 비해 통계적으로 유의하였다(P < 0.05). 4군에서는 79.3×10<sup>4</sup>CFU/ml로 3군과 유사하였다. 5군에서는 부착능이 5.5×10<sup>4</sup>CFU/ml로 4군에 비해 통계적으로 유의한 부착능 감소가 관찰되었으며(P < 0.01), 2군에 비해서도 유의하게 감소하였다(P<0.05).

2. 치아 미세경도 측정 결과

치아시편의 배양 전 미세경도는 280.6 VHN부터 335.8 VHN까지 분포하였고 배양 후 표면 미세경도는 218.7 VHN부터 332 VHN까지 분포하였다. 배양 전, 후의 미세경도 차에서 모든 구간 유의차가 존재하였다(P<0.05).

배지에 자당 1%만을 첨가한 1군은 23.3±0.3%의 급격한 감소율을 보였고 3군에서는 19.9±0.8%로 감소율의 변화량 차이가 크지 않으나 4군부터 13.6±2.3%로 감소율이 줄어들었다.(Table 4, 5, Fig 2, 3)

IV. 총괄 및 고찰

치아우식증의 유발요인으로는 크게 세균, 숙주, 식이, 시간 등의 인자가 작용하며 이 중 식이인자에 해당하는 자당과 같은 발효성 합수탄소는 구강내 세균이 영양소로 이용하여 산을 유리하게되어 치아우식증 발생요인으로 작용하게 된다<sup>10)</sup>. 이러한 사실에 근거해 발효성 합수탄소를 비발효성 합수탄소로 대체하여 치아우식증 발생을 줄이려는 노력이 계속되어 왔으며 최근 이러한 비발효성 합수탄소의 하나인 자일리톨은 치아우식증의 원인균인 *S. mutans*에 의해 대사되지 않는 비우식성 식품으로 인정받고 있으며, 그 항우식효과에 대해 주목받고 있다<sup>34)</sup>.

최근 연구에서는 자일리톨이 *S. mutans*의 세포 내부로 침투해 xylitol 5-phosphate라는 독성 대사산물을 형성하여 세균의 해당작용을 방해하고 energy consuming futile cycle에도 관여하여 항우식 효과를 나타낸다고 보고되고 있다<sup>35)</sup>. Assev 등<sup>35)</sup>은 치태형성에 glycolipid와 glycerolteichoic acid와의 공유결

합으로 이루어진 lipoteichoic acid가 중요한 역할을 한다고 하였으며 이러한 lipoteichoic acid는 *S. mutans*에서 찾아낼 수 있는 물질로 표면에 음극을 띄고 있기 때문에 균의 부착에 관여하게 된다고 하였다. 또한, 자당 존재 하에서 치태가 형성 될 때 상대적으로 많은 lipoteichoic acid가 관찰되나 자일리톨 존재 하에서는 lipoteichoic acid의 형성이 억제된다고 발표하여 치아우식증 발생에서 세균 부착의 중요성과 자일리톨에 의한 치아 표면에 대한 균주의 부착 억제효과를 역설하였다.

Mutans streptococci의 우식 유발능은 자당을 이용한 점착성의 비수용성 glucan 생산능력과 관련이 깊은데, 이 세균의 효소인 glucosyltransferase(GTF)는 자당을 분해하여 glucose의 중합체인 glucan을 합성하며 합성된 glucan은 mutans streptococci의 glucan 부착단백질(glucan-binding protein)<sup>36)</sup>에 부착하여 균체 부착 glucan(cell-associated glucan)이 되고 여기에 GTF가 부착하여 균체 부착 GTF(cell-associated GTF)가 된다<sup>26)</sup>. 이 균체 부착 GTF가 실제적으로 mutans streptococci의 치아표면 집락화에 직접적으로 작용한다<sup>10,37)</sup>. 또한 mutans streptococci, 특히 *S. mutans*는 표면 부착물질(adhesin)을 이용하여 치아 표면에 형성된 획득피막을 구성하는 타액 단백질과 반응하여 치아표면에 부착할 수 있고 집락화를 이룬다고 하였다<sup>38-40)</sup>.

Gauthier 등<sup>41)</sup>은 자당 존재 하에서 자일리톨이 *S. mutans* LG-1(serotype c)의 당대사와 증식을 억제하지 못한다고 발표하였고 자일리톨은 *S. mutans*의 세포벽에 존재하는 fructose phosphotransferase system에 의해 자당으로부터 분리된 과당과 경쟁적으로 작용하여 자일리톨의 효과가 나타나지 않는 것으로 제안하고 있다. 일반적으로 *S. mutans*의 부착능력은 타액내 단백질과의 반응에 의해 결정되며 특히, 치아표면에 형성된 획득피막을 구성하는 타액성분과 반응하면 *S. mutans*의 치아표면부착이 증가하게 된다. 부착을 증가시키는 타액 성분으로 acidic proline-rich protein<sup>39)</sup>과 타액응집단백질<sup>42)</sup>이 있고, 이들 타액응집단백질과 반응하는 *S. mutans*의 표면물질로는 adhesin이 있으며 Tuompo 등<sup>43)</sup>은 자일리톨에 의해 *S. mutans*의 초미세구조가 변화되어 부착능력이 감소한다고 제안하였으며, Scheie<sup>44)</sup>는 자일리톨에 의한 *S. mutans*의 초미세구조의 변화가 전자현미경상에서 관찰됨을 보고하였다. *S. mutans*의 부착능 실험에서 대부분의 실험이 타액흡착 슬라이드글라스를 사용하였으나 본 실험에서는 보다 정확한 구강내 환경을 재현하기 위해 타액막 형성 합성수산화인회석(saliva coated hydroxyapatite)을 사용하였으며 이 등<sup>45)</sup>도 타액막 형성 합성수산화인회석을 이용한 부착능 실험이 균의 비특이적 반응, 예를 들어 소수성작용(hydrophobic interactions)등을 배제할 수 있어 세균과 타액단백질간의 보다 특이적인 반응을 관찰할 수 있다고 하였다.

본 실험에서 자당과 자일리톨의 농도비가 50:50 일 때까지는 오히려 부착능이 증가함이 관찰되었는데 이는 Vadeboncoeur 등<sup>46)</sup>의 *S. mutans* GS5-2를 제외한 모든 strain에서 자일리톨

이 균의 증식과 대사작용을 억제한다는 보고와, *S. mutans*-GS5 균주에서 자일리톨 존재하에 부착능이 3배 가량 증가했다는 이 등<sup>47)</sup>의 보고와 같이 *S. mutans* 균주의 종류에 따라 자일리톨의 영향이 다르게 나타날 수 있다는 점 등을 고려해야 하며, 이러한 결과의 해석시 세균의 부착능 억제실험 뿐 아니라 더 넓게 세균증식능 등의 연구를 포함한 조심스러운 판단이 필요할 것이다. 또한, *S. mutans* 균주의 치아면 부착을 임상적으로 유의하게 줄일 수 있는 자당과 자일리톨의 농도비는 50:50에서 75:25 사이의 값임이 관찰되었는데 이는 김 등<sup>48)</sup>의 연구에서 자당과 자일리톨의 농도비가 5:5 정도부터 부착능이 감소함을 보인다는 보고와 유사한 결과이다.

치아 범랑질 미세경도 측정결과 모든 군간의 통계학적 유의차는 존재하였지만( $P < 0.05$ ), 자당과 자일리톨의 농도비가 25:75 까지는 미세경도의 차이가 급격히 변화하지 않았으나 자당과 자일리톨의 농도비가 50:50 부터 미세경도의 감소율이 급히 둔화되기 시작하였으며 이는 세균의 산생성 능력에 의한 결과로 세균에 의한 산생성을 임상적으로 유의하게 줄일 수 있는 농도비는 50:50 이상이라고 설명할 수 있을 것이다. 치아우식증은 다양한 인자의 영향을 받는 질환이며 세균에 의한 산생성 뿐 아니라 치태내 pH도 중요하게 작용하며, 치아표면에 치태를 형성하기 위해서는 세균의 치면에 대한 부착이 필수적이라 할 수 있을 것이다.

위의 결과들로 볼 때 식품 내에서 자당과 자일리톨이 혼합되어 있을 때 *S. mutans*의 치아우식증을 줄일 수 있는 자당과 자일리톨의 최소 농도비는 50:50에서 25:75 사이의 값이라 할 수 있을 것이다. 하지만 다른 문헌<sup>25-27,45,47)</sup>에도 알 수 있듯이 균주의 종류에 따라 자당과 자일리톨에 대한 반응이 다르며, 본 실험이 자당과 자일리톨의 농도비만을 고려한 생체의 실험이므로 더 정확한 구강내 환경적 요인의 추가와 다양한 균주의 반응에 대한 고려가 필요하며 자당과 자일리톨의 농도비를 더욱 세분화한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

## V. 결 과

본 연구의 목적은 자당이 존재하는 환경에서 자당과 자일리톨이 혼합된 조건에서 자일리톨의 *S. mutans*에 대한 우식억제작용의 여부 및 그 정도를 밝히고 치아우식증을 줄일 수 있는 자당과 자일리톨의 농도비를 규명하는데 있다. 자당과 자일리톨의 농도비를 다르게 제조한 각 실험용액에서 합성수산화인회석 입자에 대한 *S. mutans*의 부착정도를 측정하였으며, 동일한 조건의 실험용액에 대한 발거된 유치범랑질 시편의 배양 전, 후의 범랑질의 미세경도 변화량을 측정하여 아래와 같은 결과를 얻었다.

1. 자당과 자일리톨의 혼합시 배지에 자당만을 추가한 대조군에 비해 *S. mutans*의 합성수산화인회석 입자 표면에 대한 부착을 유의하게 감소시킬 수 있는 자일리톨의 최소 부착억제 농도비는 자당과 자일리톨이 25:75 이었다( $P < 0.05$ ).

2. 법랑질 미세경도 측정 결과 자당만 첨가한 1군에 비해 자당과 자일리톨이 50:50인 4군부터 미세경도 감소치가 유의하게 줄어들었다( $P < 0.01$ ).

위의 사실로 미루어 자일리톨의 농도비가 50% 이상 자일리톨이 함유되었을 때부터 자당을 이용한 세균의 산생성은 억제되며 치아우식을 억제하기 위한 자당과 자일리톨의 농도비도 그와 유사한 것으로 생각할 수 있을 것이다. 치아우식증은 다양한 인자의 영향을 받는 질환이며 산생성에 의한 치아표면 미세경도의 감소 뿐 아니라 치태내 pH도 중요한 인자로 작용하며 그러한 점에서 자당과 자일리톨의 농도비가 25:75 이상에서 합성수산화인회석 표면에 *S. mutans*의 부착이 유의하게 억제된다는 사실을 알 수 있었다.

### 참고문헌

- Stecksen BC, Holm AK, Mayanagi H: Dental caries in Swedish 4-year-old children: changes between 1967 and 1987. *Swed Dent J* 13:39-44, 1989.
- Hargreaves JA, Cleaton-Jones PE: Dental caries changes in the Scottish Isle of Lewis. *Caries Res* 24:137-141, 1990.
- Frencken JE, Karlsbeek H, Verrips G: Has the decline in dental caries been halted? Changes in caries prevalence amongst 6- and 12-year-old children in Friesland, 1973-1988. *Int Dent J* 40:225-230, 1990.
- Glass RL: The first international conference on the declining prevalence of dental caries. *J Dent Res* 61(Spec. Issue):1304, 1982.
- Miller AJ, Brunelle JA, Carlos JP, et al.: The prevalence of dental caries in United States children. NIH Pub NO 82-2245:1-159, 1981.
- Heloe LA, Haugejorden O: "The rise and fall" of dental caries: some global aspects of dental caries epidemiology. *Community Dent Oral Epidemiol* 9:294-299, 1981.
- Ismail AI, Brut BA, Edlund SA: Cariogenicity of soft drinks in United States. *J Am Dent Assoc* 109:241-245, 1984.
- Guggenheim B : Health and Sugar Substitutes: Proceedings of the ERGOB conference on Sugar Substitutes, Basel, 1979.
- Birkhel D, Kalfas S, Svensater G, et al.: Microbiological aspects of some caloric sugar substitutes. *Int Dent J* 35:9-17, 1985.
- Newbrun E : Cariology. 3rd ed, Quintessence, 148-150, 1989.
- Leach SA, Green RM: Reversal of fissure caries in the albino rat by sweetening agents. *Caries Res* 15:508-511, 1981.
- Makinen KK, Lonnberg P, Scheinin A: Turku surgar studies X IV . Amino acid analysis of saliva. *Acta odont Scand* 33:277-286, 1975.
- Makinen KK, Virtanen KK, Soderling E, et al.: Effect of xylitol-, sucrose-, and water-rinses on the composition of human palatine gland secretions. *Scand J Dent Res* 93:253-261, 1985.
- Bird L, Baum BJ, Makinen KK, et al.: Xylitol associated changes in amylase and protein content of monkey parotid saliva. *J Nutr* 107:1763-1767, 1977.
- Makinen KK, Tenovuo J, Scheinin A: Xylitol-induced elevation of lactoperoxidase activity in human saliva. *J Dent Res* 55:652-660, 1976.
- Makinen KK, Virtanen KK, Makinen PL, et al.: Enzyme levels of parotid saliva after stimulation with xylitol and sucrose. *Caries Res* 14:164-165, 1980.
- Makinen KK, Soderling E, Kolling D: Secretory activity of salivary gland slices in the presence of polyols. *Proc Finn Dent Soc* 79:218-223, 1983.
- Nuuja T, Meurman JH, Torkko H: Xylitol and the bactericidal effect of chlorhexidine and fluoride on *Streptococcus mutans* and *Streptococcus sanguis*. *Acta Odontol Scand* 51:109-114, 1993.
- Lavoie L, Trahan L: Sucrose mediated hard surface adherence of xylitol-sensitive and xylitol-resistant *S. mutans* fresh isolates and laboratory strains. *J Dent Res* 67:325, 1988.
- Soderling E, Isokangas P, Tenovuo J, et al.: Long-term xylitol consumption and mutans streptococci in plaque and saliva. *Caries Res* 25:153-157, 1991.
- Trahan L: Xylitol: a review of its action on mutans streptococci and dental plaque-its clinical significance. *Int Dent J* 45:77-92, 1995.
- Trahan L, Soderling E, Drean MF, et al.: Effect of xylitol consumption on the plaque-saliva distribution of mutans streptococci and the occurrence and long-term survival of xylitol resistant strains. *J Dent Res* 71:1785-1791, 1992.
- Scheinin A, Makinen KK: Turku sugar studies. An overview . *Acta Odontol Scand* 34:405-408, 1976.
- Schilling KM, Blitzer MH, Bowen WH: Adherence of *Streptococcus mutans* to glucan formed *in situ* in

- salivary pellicle. *J Dent Res* 68:1678-1680, 1989.
25. Soderling E, Alaraisanen L, Scheinin A, et al.: Effect of xylitol and sorbitol on polysaccharide production by and adhesive properties of *Streptococcus mutans*. *Caries Res* 21:109-116, 1987.
  26. Muhlemann HR, Schmid R, Noguchi T, et al.: Some dental effect of xylitol under laboratory and *in vivo* condition. *Caries Res* 11:263-276, 1977.
  27. Nguyen QL, Thiffault M, Trahan L: Adherence to hydroxyapatite, aggregation properties and hydrophobicity of xylitol resistant *S. mutans*. *J Dent Res* 70:411, 1991.
  28. Assev S, Rolla G: Effect of xylitol-containing chewing gum on sorbitol metabolism in dental plaque. *Eur J Oral Sci* 103:103-108, 1995.
  29. Forbord B, Osmundsen H: On the mechanism of xylitol-dependent inhibition of glycolysis in *Streptococcus sobrinus* OMZ 176. *Int J Biochem* 24:509-514, 1992.
  30. Pihlanto-Leppala A, Soderling E, Makinen KK: Expulsion mechanism of xylitol 5-phosphate in *Streptococcus mutans*. *Scand J Dent Res* 98:112-119, 1990.
  31. Roger AH, Bert AG: Effects of xylitol and fluoride on the response to glucose pulses of *Streptococcus mutans* T8 growing in continuous culture. *Oral Microbiol Immunol* 7:124-126, 1992.
  32. Roger AH, Pilowsky KA, Zilm PS, et al.: Effects of pulsing with xylitol on mixed continuous cultures of oral streptococci. *Austr Dent J* 36:231-235, 1991.
  33. Trahan L, Neron S, Bareil M: Intracellular xylitol-phosphate hydrolysis and efflux of xylitol in *Streptococcus sobrinus*. *Oral Microbiol Immunol* 6:41-80, 1991.
  34. Bar A: Caries Prevention with xylitol. *Wld Rev Nutr Diet* 55:183-209.
  35. Assev S, Vegaarud G, Rolla G: Addition of xylitol to the growth medium of *Streptococcus mutans* OMZ 176. Effect on the synthesis of extractable glycerolphosphate polymer. *Acta Pathol Microbiol Immunol Scand* 93:145-149, 1985.
  36. Knuuttila ML, Makinen K: Effect of xylitol on the growth and metabolism of *Streptococcus mutans*. *Caries Res* 9:177-189, 1975.
  37. Oggard B, Rolla G, Arends J, et al.: Orthodontic appliances and enamel demineralization: Part 2. prevention and treatments of lesions. *Am J Ortho Dentofac Orthop* 94:123-128, 1982.
  38. Brady LJ, Piacentini DA, Crowley PJ, et al.: Differentiation of mutans streptococci by use of monoclonal antibodies against the major surface adhesion P1. *Infect Immun* 60:1008-1017, 1992.
  39. Gibbons RJ, Hay DI: Adsorbed salivary acidic proline-rich proteins contribute to the adhesion of *Streptococcus mutans* JBP to apatitic surface. *J Dent Res* 68:1303-1307, 1989.
  40. Hajishengallis G, Koga T, Russell MW: Affinity and specificity of the interactions between *Streptococcus mutans* antigen I/II and salivary component. *J Dent Res* 73:1493-1502, 1994.
  41. Gauthier L, Vadeboncoeur C, Mayrand D: Loss of sensitivity to xylitol by *Streptococcus mutans* LG-1. *Caries Res* 18:289-295, 1984.
  42. Birkhed D: Cariologic aspects of xylitol and its use in chewing gum: a review. *Acta Odontol Scand* 52:116-127, 1994.
  43. Tuompo H: Effect of xylitol and other carbon source on the cell wall of *Streptococcus mutans*. *Scand J Dent* 91:12-25, 1983.
  44. Scheie AA, Fejerskov O, Assev S, et al.: Ultra-structural changes in *Streptococcus sobrinus* induced by xylitol, NaF, ZnCl<sub>2</sub>. *Caries Res* 23:320-327, 1989.
  45. Lee JY, Sojar HT, Bedi GS, et al.: Synthetic peptides analogous to the fimbriin sequence inhibit adherence of *Porphyromonas gingivalis*. *Infect Immun* 60:1662-1670, 1992.
  46. Vadeboncoeur C, Trahan L, Mouton C, et al.: Effect of xylitol on the growth and glycolysis of acidogenic oral bacteria. *J Dent Res* 62:882-884, 1983.
  47. 이진용, 신제원, 임호남 등: 각종당류가 치아우식원성 세균 mutans streptococci의 대사에 미치는 영향. *대한구강보건학회지* 19:507-523, 1995.
  48. 김백일, 김형규, 강명신 등: Sucrose 존재하에 xylitol이 *Streptococcus mutans*의 증식 및 부착능에 미치는 영향. *대한구강보건학회지* 18:169-180, 1994.

## Abstract

AN EFFECT OF XYLITOL ON THE ADHESIVENESS OF *STREPTOCOCCUS MUTANS*  
TO SYNTHETIC HYDROXYAPATITE; AN IN VITRO STUDY

Jae-Chun Lee, Kwang-Hee Lee, Dae-Eop Kim

*Department of Pediatric Dentistry, Wonkwang Dental Research Institute,  
College of Dentistry, Wonkwang University*

There have been efforts that inhibit development of dental caries by sugar substitution. But, it is controversial if xylitol has anticariogenic effect in the presence of sucrose. And there are few papers dealing with the combined action of xylitol and sucrose. For the purpose of resolving this controversy, the author investigated the effect of xylitol on enamel demineralization and on adhesiveness of *S. mutans* to hydroxyapatite in the presence of sucrose.

Five experimental solutions were prepared as follows: (S: sucrose, X: xylitol)

Group 1: BHI broth

Group 2: BHI + 1% S

Group 3: BHI + 0.75% S + 0.25% X

Group 4: BHI + 0.5% S + 0.5% X

Group 5: BHI + 0.25% S + 0.75% X

Group 6: BHI + 1% X

Each solution was inoculated with 100 $\mu$ l of *S. mutans* JC-2. And saliva coated hydroxyapatite beads were put into each experimental solution. And then each solution was incubated at 37 $^{\circ}$ C under anaerobic condition. After incubation, the adhesiveness of *S. mutans* on hydroxyapatite was evaluated. The Vickers hardness numbers were measured on extracted human primary teeth, and these teeth were dipped into the same experimental solution and incubated at 37 $^{\circ}$ C under anaerobic condition for 48hours. Surface microhardness were measured again after incubation.

The obtained results were as follows:

1. In the presence of sucrose, xylitol can reduce the adhesiveness of *S. mutans* on hydroxyapatite surface from the ratio of 25% sucrose to 75% xylitol( $P < 0.05$ ).
2. In the presence of sucrose, xylitol can reduced demineralization of primary teeth enamel surface from the ratio of 50% sucrose to 50% xylitol( $P < 0.01$ ).

**Key words** : Xylitol, Bacterial adhesiveness, Microhardness, Concentration ratio