

에리스리톨의 *Streptococcus mutans*에 대한 성장력과 산생성능의 억제효과

박영남

김천대학교 치위생학과

The inhibitive effect of erythritol on growth and acidogenic ability of *Streptococcus mutans*

Young-Nam Park

Dept. of Dental hygiene, Gimcheon University

요 약 최근 대체 감미료로서 당알코올과 합성감미제에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 에리스리톨은 포도당을 원료로 효모에 의해 생산되는 포도당 발효감미료로서 과실류, 버섯, 포도주, 청주, 간장등의 발효식품에 함유되어 있는 천연당질로 $C_4H_{10}O_4$ 의 분자구조를 가지는 4탄당의 당알코올이다. 구강내에서 산생성균인 *Streptococcus mutans*의 증식과 산생성, 치면세균막 형성 및 치아우식증 등은 여러 종류의 영양물질이 혼합되어 있는 구강내에서 일어나는 과정이므로 본 연구는 에리스리톨과 다른 감미제에서 *S. mutans*의 성장력과 산생성력을 분석하여 에리스리톨이 치아우식증의 예방에 관여하는 중요한 기전을 밝혀내어 치아우식예방을 위한 제품을 생산하거나 활용시 올바른 정보를 제공하고 개선방안을 마련하기 위한 기초자료를 제공하고자 시행하였다. 연구결과 에리스리톨은 우식활성균의 성장을 억제시키고 산생성능을 감소시켜 치아우식을 유발하지 않으며 우식예방효과가 있는 자당 대체 감미제로 우수한 것으로 확인이 되었다.

주제어 : 에리스리톨, 치아우식증, *Streptococcus mutans*, 산생성능, 성장력

Abstract The purpose of this study was to closely examine the inhibitive effect of erythritol on growth and acidogenic ability of *Streptococcus mutans*. As expected, the growth of *S. mutans* was comparably increased with the addition of sucrose. However, xylitol and erythritol remarkably reduced the growth of *S. mutans*. Growth inhibition was detected at more than 5% of erythritol although xylitol showed growth inhibition effect at all concentrations tested. Growth inhibition effect was monitored with the combination of same concentration of erythritol and other carbohydrates. Combination of 5% or 10% erythritol with xylitol showed effective growth inhibition. Addition of 2.5%, 5%, or 10% erythritol with sorbitol also showed growth inhibition. From these results, erythritol showed potency of growth inhibition of *S. mutans*, which is involved in dental caries, and was confirmed to be an excellent sugar substitute, which has effect on preventing caries.

Key Words : *Streptococcus mutans*, erythritol, dental caries, growth, acidogenic ability

Received 3 October 2013, Revised 8 November 2013

Accepted 20 December 2013

Corresponding Author: Young-Nam Park(Gimcheon university)

Email: ivy9797@empal.com

ISSN: 1738-1916

© The Society of Digital Policy & Management. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

최근 대체 감미료로서 당알코올과 합성감미제에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 당알코올은 당류의 aldehyde기나 ketone기가 alcohol기로 환원된 물질로 모든 산소가 hydroxyl기 형태로 존재하는 분자구조를 갖고 있다. 당알코올은 주로 식물계에 존재하며 단당류 알코올로는 4탄당인 에리스리톨, 오탄당인 리비톨, 자일리톨이 있으며 육탄당인 솔비톨, 만니톨, 갈락티톨 등이 있다 [1]. 자일리톨은 항우식효과가 잘 알려져 있으며, 비우식성 감미료로 천연당에 관한 관심이 높아지면서 에리스리톨에 대한 연구가 이루어지고 있다[2,3,4]. 에리스리톨은 포도당을 원료로 효모에 의해 생산되는 포도당 발효감미료로서 과실류, 버섯, 포도주, 청주, 간장등의 발효식품에 함유되어 있는 천연당질로 $C_4H_{10}O_4$ 의 분자구조를 가지는 4탄당의 당알코올이다[5]. 에리스리톨은 자당과 비교하여 70-80%의 감미를 가지며 체내에서 에너지원으로 사용되지 않고 대부분 배출되므로 낮은 흡수율로 인해 혈당치 및 인슐린 분비에 영향을 미치지 않는 저칼로리 감미제로 알려져 있다[6].

Kawanabe 등[7]은 에리스리톨이 mutans Streptococci와 다른 구강세균에 의한 유산생성과 치면세균막 형성의 기질로서 사용되어지지 않는다고 하였으며 동물 실험에서 전분을 섭취한 그룹보다 에리스리톨을 섭취한 그룹에서 총 우식지수가 매우 낮은 것으로 보고하였다. 또한 Makinen 등[3]은 자일리톨과 에리스리톨로 만들어진 타액자극제를 사용하여 치면세균막 형성과 mutans Streptococci의 조절을 비교한 결과 자일리톨이 에리스리톨보다 치태형성과 세균성장을 억제하는데 더 효과적이지만 에리스리톨도 세균성장을 감소하는 효과를 나타낸다는 것을 명확하게 밝혔다.

사람의 구강내에는 다양한 종의 세균이 존재하지만 치아우식증과 밀접한 관련이 있는 것은 mutans Streptococci(MS)종으로 특히 *S. mutans*가 대표적이다 [10]. 또한 *S. mutans*는 자당으로부터 GTF(glucosyl transferase)를 이용하여 세포외부에 glucan을 형성하는 능력을 가지고 있으므로 치면에 집락화를 증진시켜 치면세균막의 양을 증가시키고 탄수화물로부터 생성된 산과 지속적으로 접촉하게 되면서 법랑질 탈회를 가속화시킨다[11,12,13,14,15].

에리스리톨이 치아우식증을 예방하는 것에 대한 연구는 많이 이루어지고 있지만 아직 국내에서의 연구는 미약한 실정이며 다양한 감미제에 혼합했을 때 농도에 따른 성장 억제력이나 산생성능을 연구한 것은 없다. *S. mutans*의 증식, 산생성, 치면세균막 형성 및 치아우식증 등은 여러 종류의 영양물질이 혼합되어 있는 구강내에서 일어나는 과정이다. 따라서 본 연구는 에리스리톨과 다른 감미제에서 *S. mutans*의 성장력과 산생성력을 분석하여 에리스리톨이 치아우식증의 예방에 관여하는 중요한 기전을 밝혀내어 치아우식예방을 위한 제품을 생산하거나 활용시 올바른 정보를 제공하고 개선방안을 마련하기 위한 기초자료를 제공하고자 시행하였다.

2. 연구재료 및 방법

2.1 실험균주와 실험용액

Streptococcus mutans ATCC 31989는 전남대학교 치의학전문대학원 구강미생물학교실에서 보관중인 것을 사용하였으며, 동결건조로 보관중인 것을 brain heart infusion(BHI) 액체배지에 접종하여 37℃ 배양기에서 24 시간동안 수차례 계대 배양하였다. 실험에 사용된 *S. mutans*의 접종농도는 하루밤동안 증배양한 *S. mutans* 배양액 1%를 사용하였다.

실험용액인 자일리톨(xylitol, Sigma), 에리스리톨(meso-erythritol, Sigma), 솔비톨(D-sorbitol, Sigma), 자당(sucrose, Sigma)은 각각 증류수에 용해한 후 멸균시켜 사용하였다.

2.2. 탄수화물의 종류에 따른 *S. mutans*의 성장력 측정

탄수화물의 종류에 따라 각 시간별 세균의 성장력을 측정하기 위하여 10% 자당, 10% 자일리톨, 10% 에리스리톨, 10% 솔비톨이 함유된 BHI 액체배지에 *S. mutans* 배양액을 접종하였다. 37℃ 배양기에서 24시간 동안 배양하면서 2시간 간격으로 꺼내어 600nm의 파장에서 분광광도계(spectrophotometer, Solar 989M, UK)로 배양액의 흡광도를 측정하였으며 각 3번의 실험을 반복하여 평균을 구하였다.

2.3 다양한 탄수화물의 농도에 따른 *S. mutans*의 성장력 측정

탄수화물의 농도에 따른 *S. mutans*의 성장력을 측정하기 위하여 BHI 액체배지에 1%, 2.5%, 5%, 10%, 15%, 20% 농도의 에리스리톨, 자일리톨, 솔비톨, 자당을 넣고 *S. mutans*를 접종하여 37°C에서 16시간동안 배양한 후 600nm의 파장에서 배양액의 흡광도를 분광광도계로 측정하였으며 3번의 실험을 반복하여 평균을 구하였다. 대조군은 증류수를 사용하였다.

2.4 다양한 탄수화물의 존재하에 에리스리톨을 첨가시 *S. mutans*의 성장력 측정

다양한 탄수화물의 존재하에서 에리스리톨을 첨가시 *S. mutans*의 성장력을 측정하기 위하여 2.5%, 5% 또는 10% 농도의 자일리톨, 솔비톨, 자당이 함유된 BHI 액체배지에 같은 농도의 에리스리톨을 1:1로 혼합한 뒤 *S. mutans*를 접종하여 37°C에서 16시간동안 배양한 뒤 600nm의 파장에서 배양액의 흡광도를 분광광도계로 측정하였다.

2.5 탄수화물의 종류에 따른 *S. mutans*의 산생성력 측정

각 10% 자당, 10% 자일리톨, 10% 에리스리톨, 10% 솔비톨이 함유된 BHI 액체배지에 *S. mutans*를 접종한다. 37°C 배양기내에 pH meter(920A pH meter, Thermo Orion, USA)를 장치한 후 24시간동안 배양하면서 0, 1, 2, 4, 8, 12, 24시간마다 pH를 측정하여 탄수화물의 종류에 따른 *S. mutans*의 산생성력을 측정하였다. 모든 실험은 3번 반복하였으며 대조군으로 증류수를 사용하였다.

3. 연구결과

3.1 탄수화물의 종류에 따른 *S. mutans*군의 성장력 측정

다양한 탄수화물의 종류에 *S. mutans*를 접종한 후 배양하면서 2시간마다 꺼내어 600nm에서 흡광도를 측정할 결과 자당 첨가시 대조군과 비교하여 성장이 증가하였으며 솔비톨의 경우 대조군과 유사한 성장을 보였고 자일리톨과 에리스리톨은 성장을 억제하는 것으로 나타났다.

대조군은 8시간에 가장 높은 성장력을 보였으며 솔비톨은 12시간에 높은 성장력을 나타냈다. 자일리톨은 12시간부터 천천히 증가하였다(Table 1). 에리스리톨과 자일리톨은 유의한 차이가 없었으며 대조군과 솔비톨은 유의한 차이가 없었다. 자당은 다른 군과 유의한 차이가 있었다($p < 0.01$).

(Table 1) Growth of *Streptococcus mutans* in different sugars(10%)

unit : A600nm

Time (hr)	Group					p-value
	Control ^a	Sucrose ^c	Erythritol ^b	Xylitol ^b	Sorbitol ^a	
0	0.014±0.007	0.013±0.005	0.010±0.002	0.013±0.007	0.015±0.007	0.000*
2	0.051±0.001	0.015±0.003	0.027±0.005	0.036±0.001	0.035±0.001	
4	0.072±0.001	0.040±0.007	0.038±0.001	0.040±0.001	0.041±0.007	
8	0.823±0.002	0.274±0.005	0.102±0.002	0.129±0.002	0.196±0.003	
12	0.774±0.001	0.998±0.007	0.414±0.003	0.392±0.004	0.734±0.002	
24	0.717±0.007	1.101±0.001	0.601±0.007	0.509±0.007	0.795±0.001	

* : $p < 0.01$, by repeated measured ANOVA

^{a,b,c} : The same letter indicates no significant difference by Tukey

3.2 다양한 탄수화물의 농도에 따른 *S. mutans*의 성장력 및 성장억제효과 측정

다양한 탄수화물의 1%, 2.5%, 5%, 10%, 15%, 20%의 농도에서 16시간 배양후 *S. mutans*의 성장력을 측정해 본 결과 자당을 첨가시 대조군에 비해 모든 농도에서 높은 성장을 나타냈으며 농도가 증가할수록 감소하였다. 대조군에 비하여 에리스리톨은 5%이상의 농도에서 감소하였으며 자일리톨은 모든 농도에서 낮은 성장력을 나타내었고 솔비톨은 15%이상부터 대조군보다 낮은 성장력을 나타냈다(Table 2).

(Table 2) Final growth of *Streptococcus mutans* after 16h incubation in various concentrations of different sugars

unit : A600nm

Concentration (%)	Group				p-value
	Erythritol	Xylitol	Sorbitol	Sucrose	
0	0.451±0.001	0.461±0.001	0.514±0.004	0.480±0.002	0.08

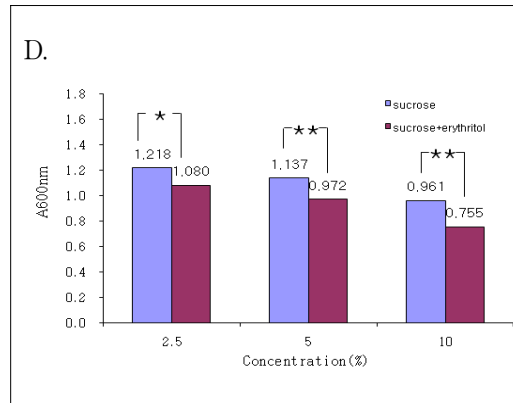
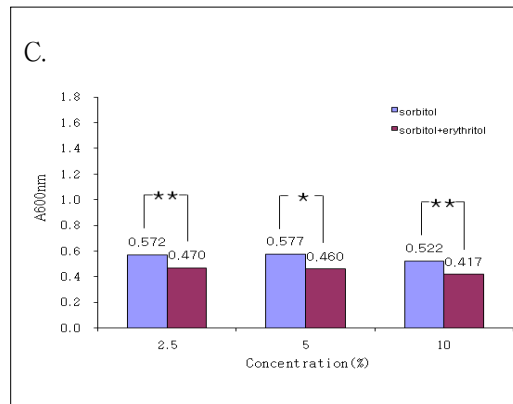
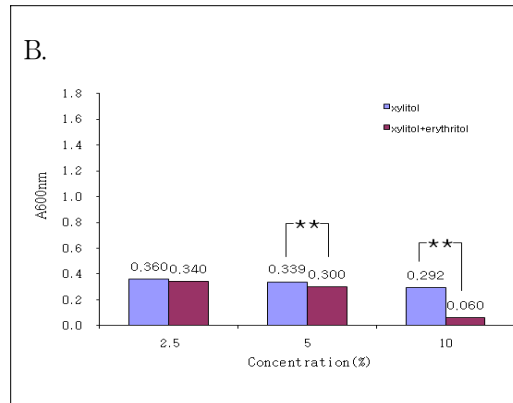
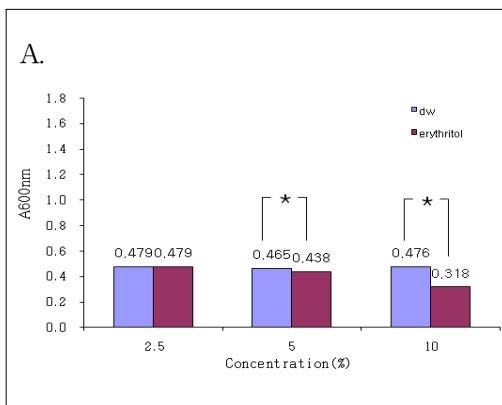
1.0	0.498± 0.001 ^a	0.391± 0.001 ^b	0.580± 0.004 ^c	1.270± 0.024 ^d	0.00*
2.5	0.480± 0.002 ^a	0.358± 0.004 ^b	0.571± 0.001 ^c	1.209± 0.012 ^d	0.00*
5.0	0.439± 0.001 ^a	0.339± 0.001 ^b	0.573± 0.005 ^c	1.134± 0.004 ^d	0.00*
10.0	0.317± 0.001 ^a	0.290± 0.001 ^b	0.521± 0.002 ^c	0.960± 0.002 ^d	0.00*
15.0	0.297± 0.004 ^a	0.225± 0.004 ^b	0.470± 0.003 ^c	0.750± 0.002 ^d	0.00*
20.0	0.134± 0.001 ^a	0.097± 0.005 ^b	0.448± 0.010 ^c	0.579± 0.002 ^d	0.00*

* : p<0.01, by Kruskal-Wallis test

abc,d : The same letter indicates no significant difference by Mann-Whitney test

3.3. 다양한 탄수화물의 존재하에서 에리스리톨을 첨가시 *S. mutans* 성장력과 성장 억제효과 측정

다양한 탄수화물의 존재시 동일한 농도의 에리스리톨을 첨가하여 16시간동안 배양 후 *S. mutans*의 성장력을 비교한 결과 대조군과 에리스리톨을 첨가하였을 경우 5%, 10%에서 유의한 감소가 나타났고(Fig. 1, A) 자일리톨 단독과 비교하여 에리스리톨을 첨가시 5%, 10%의 농도에서 유의한 감소가 나타났다(Fig. 1, B). 솔비톨(Fig. 1, C)과 자당(Fig. 1, D)에서 단독일 경우와 비교하여 에리스리톨을 첨가시 2.5%, 5%, 10%에서 유의하게 감소되었다.



[Fig. 1] Final growth of *Streptococcus mutans* after 16 hours incubation in erythritol and different sugars.

* : p<0.05, ** : p<0.01, by Mann-Whitney test

(A : control(dw) + erythritol, B : xylitol + erythritol, C : sorbitol + erythritol, D : sucrose + erythritol)

1.4. 탄수화물의 종류에 따른 *S. mutans*의 산 생성력 측정

다양한 탄수화물의 종류에 따라 24시간동안 배양하면서 *S. mutans*의 산생성력을 측정한 결과 자당, 에리트리톨, 솔비톨, 대조군은 12시간부터 pH 5.5이하로 감소하였고 자일리톨은 24시간이후에 pH 5.5이하로 감소되었으며 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$). 최종 pH는 자당(4.545 ± 0.502)이 가장 낮았고, 다음으로 솔비톨(5.135 ± 0.007), 대조군(5.180 ± 0.084), 에리트리톨(5.245 ± 0.049)순이었으며, 자일리톨(5.580 ± 0.466)이 가장 높게 나타났다(Table 3).

<Table 3> Acid production of *Streptococcus mutans* in different sugars

Time (hr)	Group					p-value
	Control	Sucrose	Erythritol	Xylitol	Sorbitol	
0	7.085±0.007	6.805±0.007	6.910±0.056	6.885±0.148	6.975±0.035	0.076
1	6.965±0.012 ^c	6.610±0.084 ^a	6.805±0.091 ^b	6.830±0.084 ^b	6.900±0.070 ^b	0.034 ^a
2	6.880±0.042	6.560±0.127	6.770±0.098	6.815±0.077	6.850±0.028	0.061
4	6.765±0.148	6.515±0.134	6.675±0.120	6.670±0.113	6.570±0.042	0.359
8	6.175±0.898	6.280±0.197	6.315±0.162	6.605±0.176	5.580±0.025	0.353
12	5.380±0.084 ^b	5.025±0.572 ^a	5.415±0.148 ^b	5.990±0.975 ^c	5.285±0.134 ^b	0.048 ^a
24	5.180±0.084	4.545±0.502	5.245±0.049	5.580±0.466	5.135±0.007	0.135

* : $p < 0.05$, by Kruskal-Wallis test

abc : The same letter indicates no significant difference by Mann-Whitney test

4. 고찰

치아우식증은 세균이 생산한 산에 의해 치아가 탈회되고 유기조직이 분해됨으로써 진행되는데 구강내 세균 중 특히 *Streptococcus mutans*는 주로 인간의 타액과 치아우식증에서 발견되는 것으로 치아우식의 활성화와 치주질환의 발생 및 진행과정에서 가장 중요한 역할을 하고 밀접한 관련이 있다[16]. 따라서 치아우식증을 예방하기 위해 식생활 개선과 함께 자당(설탕)대체 감미제를 이용한 식품들이 널리 사용되고 있다.

에리트리톨은 4탄당 당알코올 감미료(1,2,3,4- Butane tetrol, $C_4H_{10}O_4$)로서 효모나 곰팡이를 이용한 발효에 의해 생산되며 단맛이 있고 낮은 용해성과 뛰어난 수분활성저하능력 및 충치예방 등의 기능이 있다[6].

에리트리톨 함유검은 우식 유발균인 *S. mutans*의 감소효과가 우수하며 또한 치면세균막내 산도의 강화를 억제하는 효과도 뛰어나 치아우식증의 발생률을 감소시킨다는 여러 연구결과가 보고[9]되고 있다.

치아우식증의 발생은 여러 종류의 영양물질이 혼합되어 있는 구강내에서 일어나는 과정이므로 본 연구에서는 에리트리톨과 다른 감미제에서 *S. mutans*의 성장력과 산생성력을 분석하여 에리트리톨의 치아우식증을 예방하는 중요한 기전을 규명하고자 하였다.

본 연구에서 다양한 탄수화물에서 *S. mutans*의 성장력을 확인한 결과 자당에서는 대조군보다 높은 성장력을 보였고 자일리톨과 에리트리톨이 낮은 성장력을 나타냈다. 이것은 많은 임상연구에서 자일리톨의 섭취는 타액과 치면세균막 내에서 *S. mutans*의 수적인 감소를 초래한다고 보고하였으며[18,19,20], Haresaku 등[21]은 6개월간 자일리톨 껌을 섭취하는 경우 성인의 타액내 *S. mutans*의 수가 유의하게 감소하였다고 보고한 연구결과와 유사한 결과를 나타내었다. 또한 Holgerson 등[22]의 연구에서도 자일리톨의 섭취는 타액이나 치면세균막 내의 *S. mutans*의 숫자를 감소시킬 뿐만 아니라 치면세균막 형성 자체를 감소시킨다고 하였다. 노 등[8]의 연구에서 에리트리톨을 첨가하였을 때 *S. mutans* KCTC 3065의 성장을 비교해 본 결과 자당을 첨가한 군보다 약 47% 성장억제가 나타났음을 보고하였고 이것은 *S. sobrinus* KCTC 3308, *S. cricetus* KCTC 3292, *A. actino mycetemcomitans* TCTC 2581에서도 유사하였으며 솔비톨 및 자일리톨의 polyol을 사용한 연구결과와 일치하였다[23].

탄수화물의 농도에 따른 *S. mutans*의 성장력을 비교해 본 결과 자당은 대조군에 비해 모든 농도에서 높은 성장이 나타났으며 농도가 증가할수록 감소하였다. 성장억제효과는 에리트리톨은 5% 이상의 농도에서 나타났고 자일리톨은 모든 농도에서 나타났으며 솔비톨은 15% 이상부터 나타났다.

모든 탄수화물에서 농도가 높아짐에 따라 배양액의 흡광도가 감소하였는데 이것은 *S. mutans*를 가지고 연구한 김 등[24]의 연구결과와 같았고 *Streptococcus*의 다

양한 균주를 가지고 연구한 신 등[25] 연구와 일치하였다. 또한 4% 자일리톨과 에리스리톨이 존재시 *S. mutans*와 *S. sobrinus*의 성장억제 효과가 13%에서 73%까지 나타난 것으로 본 연구결과와 비슷하였다[26].

다양한 탄수화물에 같은 농도의 에리스리톨을 첨가한 후 세균의 성장력을 비교해 본 결과 자일리톨 단독인 경우와 비교하여 에리스리톨을 첨가시 5%, 10%의 농도에서 유의한 감소가 나타났다. 솔비톨과 자당에서 단독인 경우와 비교하여 에리스리톨을 첨가시 2.5%, 5%, 10%에서 유의하게 감소되었으며 자일리톨과 에리스리톨을 10% 농도로 혼합시 가장 큰 성장억제 효과가 나타났다. 이것은 Kauko 등[1]의 연구에서 자일리톨 그룹과 자일리톨에 에리스리톨이 혼합된 그룹에서 치태와 타액내에 *S. mutans*의 수가 유의하게 감소된 것과 유사한 결과를 나타냈고 Kawanabe 등[7]의 연구에서 *S. mutans*에 감염된 쥐에게 전분 초코렛, 자당 초코렛, 에리스리톨 초코렛을 먹인 뒤 관찰한 결과 자당 초코렛을 먹인 쥐에서 우식점수가 가장 높았고 에리스리톨 초코렛을 먹인 쥐에서 가장 낮은 우식점수가 나타났다. 따라서 에리스리톨은 *S. mutans*의 주된 탄소 및 에너지원으로서 사용될 가능성이 낮아 미생물의 성장을 억제시키므로 치아우식 예방을 위한 대체당으로서 충분한 가치가 있을 것으로 생각된다. 특히 자일리톨 단독이나 에리스리톨 단독일 경우보다 자일리톨과 에리스리톨을 혼합하였을 경우 *S. mutans*의 성장억제력은 더욱 큰 상승효과가 있을 것으로 생각된다.

*S. mutans*는 다른 어떤 그람 양성균보다 다양한 종류의 탄수화물을 분해할 수 있는 능력을 가지고 있으며 대사과정에서 다량의 산을 생산한다[27]. *S. mutans*에 의한 주요 발효산물은 젖산으로 특히 포도당이 풍부한 환경에서 다량의 젖산을 만들며 여기에는 여러가지 효소체계가 연관되어 있다[17]. 탄수화물 분해에 의해 생성된 산은 치면세균막 및 구강내 pH를 낮추어 산성으로 만들고 치아를 탈회시켜 치아우식을 유발하는 독립인자가 된다.

본 연구에서 다양한 탄수화물의 산생성력을 비교해 본 결과 자당, 에리스리톨, 솔비톨, 대조군은 12시간이후부터 pH 5.5이하로 감소하였고 자일리톨은 24시간이후에 pH 5.5이하로 유의하게 감소되었다. 최종 pH는 자당이 가장 낮았고 대조군에 비하여 에리스리톨과 자일리톨은 높게 나타났다. 이것은 Cock과 Bechert[6]의 연구에서 다양한 Streptococci는 자일리톨과 에리스리톨 그룹에서

유산이나 다른 유기산이 생산되지 않았으나 솔비톨, 만니톨, 락티톨, 말티톨에서는 산생성이 있었다는 결과와 일치하였으며 또한 분유와 유당에 자일리톨과 에리스리톨을 첨가할 경우 *S. mutans*와 다른 Streptococci중에 의한 산생성을 감소시키는 것보다 비슷한 결과를 보였다[28]. 따라서 에리스리톨은 자일리톨과 유사하게 *S. mutans*의 대사에 의한 산생성을 억제하는 효과가 있는 것으로 나타났다.

본 연구 결과 에리스리톨 역시 치아우식증을 유발하는 3요소에 작용하여 세균수를 감소시키고, 산생성능을 억제시켜 치아의 탈회를 감소시킬 수 있어 우식예방효과가 있는 설탕 대체 감미제로 우수한 것으로 확인이 되었다.

연구의 제한점은 에리스리톨에 대한 항우식성을 *S. mutans*만을 가지고 연구를 하였는데 실제 구강내에 존재하는 다양한 균주에 적용하여 항우식 효과를 밝히는 것이 필요할 것으로 생각된다.

5. 결론

본 연구는 에리스리톨과 다른 감미제에서 *S. mutans*의 성장력과 산생성력을 분석하여 에리스리톨의 항우식과 관련된 특성을 비교하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 탄수화물의 종류에 따른 *S. mutans*의 성장력은 자당에서 가장 크게 증가하였으며 자일리톨과 에리스리톨은 대조군과 비교하여 감소하는 것으로 나타났다.
2. 탄수화물의 농도에 따른 성장억제효과는 에리스리톨은 5% 이상의 농도에서 나타났고 자일리톨은 모든 농도에서 나타났으며 솔비톨은 15% 이상의 농도에서 나타났다.
3. 다양한 탄수화물에 에리스리톨을 첨가시 성장력은 감소되어 나타났다. 자일리톨 단독인 경우에 비해 에리스리톨이 첨가되었을 경우 5%, 10%의 농도에서 유의한 감소가 나타났다. 솔비톨과 자당은 단독일 경우에 비해 에리스리톨을 첨가시 유의하게 감소되었다.
4. 에리스리톨, 솔비톨, 대조군은 12시간부터 pH 5.5이하로 감소하였고 자일리톨은 24시간이후에 pH 5.5이하로 감소되었으며 통계적으로 유의한 차이가 있었다 ($p < 0.05$).

REFERENCES

- [1] Kauko K, Makinen KK. Sugar Alcohols, Caries Incidence, and Remineralization of Caries Lesions: A Literature Review. *Int J Dent*, 981072, 2010
- [2] Makinen KK, Isotupa KP, Kivilompolo T, Makinen P-L, Murtomaa S, Petaja J, Toivanen J, Soderling E. The effect of poly-combinant saliva stimulants on *S. mutans* levels in plaque and saliva of patients with mental retardation. *Spec Care Dent*, Vol. 22, pp. 187-193, 2002
- [3] Makinen KK, Isotupa KP, Kivilompolo T, Makinen P-L, Toivanen J, Soderling E. Comparison of erythritol and xylitol saliva stimulants in the control of dental plaque and mutans streptococci. *Caries Res*, Vol. 35, pp. 129-135, 2005
- [4] Makinen KK, Soderling E, Hurttia H, Lehtonen OP, Luukkala E. Biochemical, microbiological, and clinical comparisons between two dentifrices that contain different mixtures of sugar alcohols. *J Am Dent Assoc*, Vol. 111, No. 7, pp. 45-751, 1985
- [5] Clark JBK, Graham EF, Lewis BA, Smith F. D-Mannitol, sorbitol and glycerol in bovine serum. *J Reprod Fertil*, Vol. 13, pp. 189-197, 1967
- [6] Cock P, Bechert C-L. Erythritol : Functionality in noncaloric functional beverages. *Pure Appl chem*, Vol. 74, pp. 1281-1289, 2002
- [7] Kawanabe J, Hirasawa M, Takeuchi T, Oda T, Ikeda T. Noncariogenicity of erythritol as a substrate. *Caries Res*, Vol. 26, pp. 358-362, 1992
- [8] Y.H.No, K.U. Lee, K.Y. Jang. Inhibitory effects of erythritol on the growth and adsorption to saliva-coated HA beads of some oral bacteria. *Korean academy of oral health*, Vol. 24, pp. 69-83, 2000
- [9] Dodds MJ, Hiseh SC, Johnson DA. The effect of increased mastication by daily gum-chewing on salivary gland output and dental acidogenicity. *J Dent Res*, Vol. 70, pp. 1474-1478, 1991
- [10] Hanada N. Current understanding of the cause of dental caries. *Jpn J Infect Dis*, Vol. 53, pp. 1-5, 2000
- [11] Gibbons RJ, Fitzgerald RJ. Dextran-induced agglutination of *streptococcus mutans* and its potential role in the formation of microbial dental plaques. *J Bacteriol*, Vol. 98, pp. 341-346, 1969
- [12] Rolla G, Scheie AA, Ciardi JE. Role of sucrose in plaque formation. *Scand J Dent Res*, Vol. 93, pp. 105-111, 1985
- [13] Dibdin GH, Shellis RP. Physical and biochemical studies of *streptococcus mutans* sediments suggest new factors linking the cariogenicity of plaque with it's extracellular polysaccharide content. *J Dent Res*, Vol. 67, pp. 890-895, 1988
- [14] Vacca-Smith AM, Bowen WH. Binding properties of streptococcal glucosyltransferase for hydroxyl apatite, saliva-coated hydroxylapatite and bacterial surfaces. *Arch Oral Biol*, Vol. 43, pp. 103-110, 1988
- [15] Ooshima T, Matsumura M, Hoshino T, Kawabata S, Sobue S, Fujiwara T. Contributions of three glycosyltransferase to sucrose-dependent adherence of *streptococcus mutans*. *J Dent Res*, Vol. 80, pp. 1672-1677, 2001
- [16] Fujiwara T, Sasada E, Mima N, Ooshima T. Caries prevalence and salivary mutans streptococci in 0-2-year-old children of Japen. *Community Dent Oral Epidemiol*, Vol. 19, pp. 151-154, 1991
- [17] Kuramitsu HK. Virulence factors of mutans streptococci: role of molecular genetics. *Crit Rec Oral Biol and Med*, Vol. 4, pp. 159-176, 1993
- [18] Makinen KK, Alanen P, Isokangas P, Isotupa K, Soderling E, Makinen PL. Thirty-nine-month xylitol chewing-gum program in initially 8-year-old school children : a feasibility study focusing on mutans streptococci and lactobacilli. *Int Dent J*, Vol. 58, pp. 41-50, 2008
- [19] Thaweboon S, Thaweboon B, Soo-Ampon S. The effect of xylitol chewing gum on mutans streptococci in saliva and dental plaque. *Southeast Asian J Trop Med Public Health*, Vol. 35, pp. 1024-1027, 2004
- [20] Soderling E, Makinen KK, Chen CY, Pape HR Jr,

- Loesche W, Makinen PL. Effect of sorbitol, xylitol and xylitol/sorbitol chewing gums on dental plaque. *Caries Res*, Vol. 23, pp. 378-384, 1989
- [21] Haresaku S, Hanioka T, Tsutsui A, Yamamoto M, Chou T, Gunjishima Y. Long-term effect of xylitol gum use on mutans streptococci in adult. *Caries Res*, Vol. 41, pp. 198-203, 2007
- [23] Birkhed D, Bar A. Sorbitol and dental caries. *World Rev Nutr Diet*, Vol. 65, pp. 1-37, 1991
- [24] K.H Kim, B.C. Jeong, J.S. Oh, G.H. Yang. The effect of xylitol and carbohydrates on streptococcus. *Korean academy of pediatric dentistry*, Vol. 29, pp. 561-567, 2002
- [25] K.H. Shin, G.H. Yang, N.G. Choi, S.M. Kim, J.S. Oh. The effect of xylitol on the lactose fermentation of streptococcus. *Korean academy of pediatric dentistry*, Vol. 31, pp. 202-211, 2004
- [26] Eva S, Aija-Maaria H-L. Xylitol and erythritol decrease adherence of polysaccharide-producing oral Streptococci. *Curr Microbiol*, Vol. 60, pp. 25-29, 2010
- [27] Zucca M, Cenna S, Berzioli S, Gariglio M, Fagnoni V. *Streptococcus mutans* and dental caries : micro biological aspects. *G Bacteriol Virol Immunol*, Vol. 83, pp. 108-117, 1990
- [28] Jean Claude MP. Anti-cariogenic activity of erythritol. US Patent, 2001

박 영 남(Park, Young Nam)



- 2008년 8월 : 전남대학교 일반대학원 치의학과(치의학석사)
- 2011년 8월 : 전남대학교 일반대학원 치의학과(치의학박사)
- 2013년 3월 ~ 현재 : 김천대학교 치위생학과 조교수
- 관심분야 : 치의학, 치위생, 보건

· E-Mail : ivy9797@empal.com