Journal of Korean Society of Oral Health Science
2017, March. 5(1): 47~52
ISSN: 2288-6079

에리스리톨과 자일리톨의 *Streptococcus mutans*와 *Lactobacillus casei*에 대한 성장 억제 효과

김경민, 강민영, 남민지, 유해민, 윤영원, 조유라, 정순정‡
영산대학교 보건의료대학 치위생학과

Growth Inhibitory Effect of Erythritol and Xylitol on *Streptococcus mutans* and *Lactobacillus casei*

Kyung Min Kim, Min Young Kang, Min Gee Nam, Hea Min Yoo,
Young Won Yoon, Yu Ra Jo, Soon-Jeong Jeong‡
Dept. of Dental Hygiene, Division of Health Science, Youngsan University, Yangsan, Korea

ABSTRACT To investigate the inhibitory effect of erythritol and xylitol, which are sugar substitutes, on growth of major caries-inducing bacteria, *Streptococcus mutans* and *Lactobacillus casei* and dental plaque formation, the saliva was collected after application of sterilized water, sugar, erythritol and xylitol solutions, the experimental results are as follows. 1. Xylitol was found to be the substitute for sugar, which can effectively block the growth of *S. mutans* and *L. bacillus* in the oral cavity. The erythritol showed a lower effect than the xylitol. In case of *S. mutans*, high growth was observed after application of sugar solution but decreased when erythritol and xylitol were applied. In the case of *L. casei*, the degree of growth was significantly increased when the sugar solution was applied compared to *S. mutans*. Therefore, it was confirmed that it was more sensitive to the sugar solution. And decreased with the application of erythritol and xylitol. 2. Xylitol can reduce the growth of general oral microorganisms most effectively, and erythritol is also effective in reducing general oral microorganisms. 3. Xylitol is a substitute for sugar that can effectively reduce the adhesion rate of dental plaque on the tooth surface, and that erythritol has a slight effect. Thus, it is considered that the erythritol and xylitol have a sufficient value as a substitute for sugar that has caries preventive effects, because erythritol and xylitol reduce the number of oral bacteria including *S. mutans* and *L. casei* and inhibit the formation of dental plaque.

Key words: Dental caries, Erythritol, *Lactobacillus casei*, *Streptococcus mutans*, Xylitol

†Correspondence to: Jeong S-J.
Tel: +82-55-380-9453
Fax: +82-55-380-9305
E-mail: jeongsj@ysu.ac.kr

Recieved Mar 10, 2017
Revised Mar 22, 2017
Accepted Mar 24, 2017

Ⅰ. 서 론

치아우식증은 인류에서 가장 빈번하게 발생하는 만성질환 중 하나이고[1][2] 우리나라의 경우 국민의 24.4%가 이환의 경험이 있는 대표적인 만성질환이다[3][4]. 치아우식증 발생에는 치면세균막이 중요한 역할을 한다[5]. 치면세균막의 주성분은 구강의 대표적 산생성균인 *Streptococcus mutans*에 의해 형성되는 비수용성 점착성 글루칸이고[6] 글루칸은 치면에 다른 산생성균들의 부착을 용이하게 한다. 그 결과 치면세균막에 존재하는 많은 구강 세균들은 산과 함께 여러 가지 해로운 대사산물을 형성하고 치아우식증이 유발된다[3]. 글루칸은 *S. mutans* 외 다른 *Streptococcus* 종들과 *Lactobacillus* 종들에 의해

Copyright@ 2017 by the Korean Society of Oral Health Science (KOHS)

서도 형성되고 이들 세균 역시 치아 표면의 치면세균막 형성에 기여하므로[5][7][8][9] 치아우식증 발생에 중요한 원인균은 *Streptococcus*에 속하는 종과 함께 *Lactobacillus*에 속하는 종이라 할 수 있다. *S. mutans*는 초기 치아우식과 우식와동 형성에 주로 관여하면서 많은 세균수가 확인되고 그 이후 치아우식이 진행되면서는 *L. casei*가 치아우식 부위에 더 많이 존재하게 된다. 따라서 *S. mutans*는 우식을 유발시키는 대표적 구강세균이고, *L. casei*는 우식이 계속 진행될 수 있도록 하는 구강세균이다[10][11].

설탕은 천연감미료로 가장 널리 사용되고 있으나 높은 열량으로 인한 비만증, 당뇨병, 콜레스테롤 등의 성인병과 치아우식증의 발생 등의 우려 등으로 이를 대체하기 위한 대체 감미료인 당알콜과 합성감미제에 대한 관심이 증폭되고 있다[3][12]. 당알콜은 식물계에 존재하면서도 감미도가 우수하고 우수한 물성을 가지고 있어 식품 첨가물로서의 사용이 증가되고 있고[13] 사탄당인 에리스리톨, 오탄당인 리비톨과 자일리톨, 육탄당인 솔비톨, 만나톨 및 갈락티톨 등이 알려져 있다[4]. 이들 중 에리스리톨은 효모에 의해 생산되는 천연당으로 과실류, 버섯, 포도주, 청주, 간장 등의 발효식품에 함유되어 있고 설탕의 70-80%의 감미도를 가지면서도 낮은 흡수율을 가지고 우식활성균의 성장과 산생성능을 억제시켜 우식예방에도 효과가 있는 비우식성 저칼로리 설탕대체감미제이다[12][13]. 자일리톨은 대표적인 설탕 대체물로서 자작나무, 떡갈나무, 옥수수 속대 등에서 추출한 5탄당의 당알콜로 설탕과 거의 유사한 감미도를 가지며, 타액의 분비를 촉진시켜 치아법랑질의 탈회를 방지하고[3][14] 뮤탄스균(*Streptococcus mutans*)의 대사를 방해하고[3][15] 비수용성 글루칸의 합성을 감소시켜 치면세균막의 형성을 감소시켜[3] 구강세척제, 치약 등 치아우식 예방을 위해 많이 사용되고 있다[3][13].

설탕대체제인 에리스리톨과 자일리톨의 치아우식증 예방에 대한 효과와 우식 유발의 대표적 세균인 *S. mutans*에 대한 영향에 대한 연구는 다양하게 이루어졌으나 실제의 구강 환경에서의 대표적 우식유발균인 *S. mutans*와 *Lactobacillus casei*의 변화와 구강 일반미생물과 환경 변화에 대한 연구는 거의 없다.

본 연구는 설탕과 다양한 농도의 설탕대체재인 에리스리톨과 자일리톨의 적용에 따른 구강에서의 대표적 우식유발균인 *S. mutans*와 *L. casei*의 성장을 비교분석하고 구강환경의 변화와 구강미생물의 감소효과를 확인하여 가장 효과적으로 치아우식증을 예방할 수 있는 설탕대체재를 밝히고 치아우식 예방에서의 역할을 고찰하는 것이다.

Ⅱ. 재료 및 방법

1. 샘플의 준비

설탕대체재인 에리스리톨과 자일리톨의 *S. mutans*와 *L. casei*를 포함한 구강 미생물에 대한 영향을 알아보기 위해서 치아우식과 치주질환이 없는 건강한 20대 여성 총 5명을 선정하여 동일한 구강환경을 조성하기 위하여 동일한 조건의 식사 후 식후 3분 동안 동일한 방법의 잇솔질을 실시하였고 이후 멸균수와 각 10%, 15%의 설탕, 에리스리톨, 자일리톨을 용해한 용액으로 가글하였다. 한 시간 뒤 총 5ml의 타액을 채취하여 실험에 이용하였다.

2. *Streptococcus mutans*와 *Lactobacillus casei* 배양

타액에서의 주요 우식유발균인 *S. mutans*와 *L. casei*의 선택적 배양과 성장의 정도를 확인하기 위해 CRT® bacteria(Ivoclar Vivadent, USA)를 사용하였다. 동일한 조건에서 준비된 타액 샘플은 CRT® bacteria에 도말하였고 36.5°C 배양기(Invision, Korea)에서 48시간 동안 배양한 후 총 5단계로 분류하였고 각 단계에 따라 1～5점의 점수를 부여하여 성장 정도를 평가하였다.

3. 구강미생물의 배양

타액에서의 일반 구강미생물의 성장과 변화의 정도를 확인하기 위해 타액과 희석된 타액을 표준 한천배지(Difco™ LB AGAR, MILLER)에 도말하였다. 도말된 배지는 36.5°C 배양기에서 24시간 배양하였고 300개 이하의 집락이 있는 평판을 선택하여 표준평판법에 따라 구강미생물의 세균수를 측정하였다.

4. 치면세균막 변화

설탕대체재인 에리스리톨과 자일리톨의 치면세균막 형성에 미치는 영향을 확인하기 위해 식후 3분 동안 잇솔질을 실시하고 멸균수와 각 10%, 15%의 설탕, 에리스리톨, 자일리톨을 용

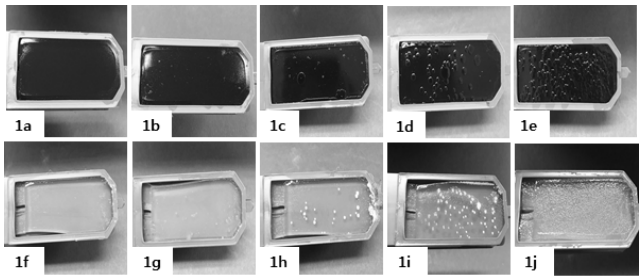
해한 용액으로 가글한 한 시간 뒤 O'Leary index 이용하여 치면세균막지수를 측정하였다. 검사를 위해 치면착색제인 Sultan®(Sultan Chemists Corp., USA)을 이용하였다.

Ⅲ. 결과

1. 설탕대체재 사용에 따른 *S. mutans*와 *L. casei*의 변화

설탕대체재인 에리스리톨과 자일리톨의 *S. mutans*와 *L. casei*에 미치는 영향을 알아보기 위해서 멸균수와 각 10%, 15%의 설탕, 에리스리톨, 자일리톨을 용해한 용액으로 가글하였고 한 시간 뒤 타액을 채취하여 CRT® bacteri에 도말하여 생장 정도를 확인하였다. CRT® bacteria에 생장한 *S. mutans*와 *L. casei*는 생장 정도에 따라 1~5단계로 구분하여 각각 1～5점으로 점수화 하였다<Fig. 1>. CRT® bacteria로 측정한 결과는 <Fig. 2>에 제시하였고 그 결과는 다음과 같다. *S. mutans*의 경우 멸균수 적용 후 평균 3점, 10% 설탕 적용 후는 평균 2점, 15% 설탕 적용 후는 3점이었고 10% 에리스리톨 적용 후는 1.3점, 15% 에리스리톨 적용 후는 3점으로 나타났다. 10% 자일리톨 적용 후의 *S. mutans*의 생장 단계는 10%, 15%에서 각각 평균 1.3단계, 2.6단계로 나타났다. *L. casei*의 경우 멸균수 적용 후 CRT bacteria에서 생장 단계 평가에서 평균 2점이었고, 10% 설탕 적용 후의 L.casei의 생장 단계는 4점, 15% 설탕 적용 후의 경우 3.3점이었다. 10% 에리스리톨 적용 후는 3.6점, 15% 에리스리톨 적용 후는 평균 2.6점 이었다. 10% 자일리톨 적용 후는 3점, 15% 자일리톨 적용 후는 2.6점으로 나타났다.

같은 조건의 구강환경에서 멸균수와 각 10%와 15%의 설탕 및 설탕대체제인 10%와 15%의 에리스리톨과 자이리톨을 용해한 용액으로 가글한 후의 *S. mutans*와 *L. casei*의 생장율을 CRT® bacteria로 확인한 결과 구강에서 *S. mutans*와 *L. casei*의 생장을 가장 효과적으로 차단할 수 있는 설탕대체제는 자일리톨임이 확인되었고 에리스리톨은 자일리톨에 비해 낮은 효과를 보였다. *S. mutans*의 경우 설탕용액 적용 후 높은 성장이 확인되었고 에리스리톨과 자일리톨 적용 시에는 감소되었다. *L. casei*의 경우 *S. mutans*에 비해 설탕용액 적용 시 성장 정도가 크게 증가하여 설탕용액에 더 민감한 것으로 확인되었고 에리스리톨과 자일리톨 적용에서는 감소되었다.

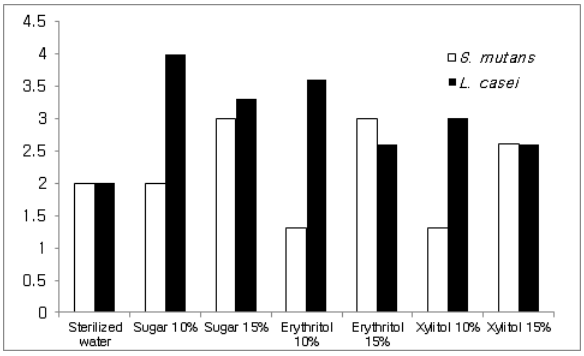


〈Fig. 1〉 Growth stages of *S. mutans* and *L. casei* using CRT® bacteria.

1a~1e, *S. mutans*; 1f~1j, *L. casei*; 1a and 1f grade 1; 1b and 1g, grade 2; 1c and 1h, grade 3; 1d and 1i, grade 4; 1e and 1j, grade 5.

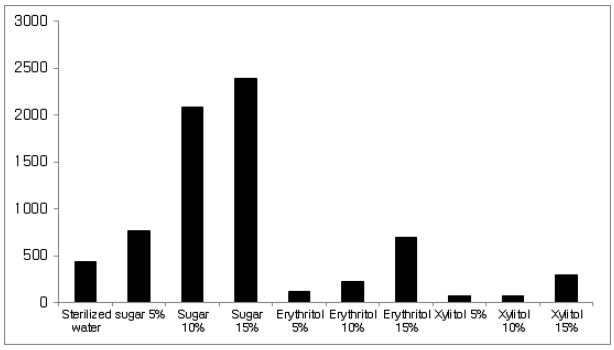
2. 설탕대체재 사용에 따른 일반구강미생물의 변화

설탕대체재인 에리스리톨과 자일리톨의 일반 구강미생물의 변화에 미치는 영향을 알아보기 위해 멸균수와 각 5%, 10%, 15%의 설탕, 에리스리톨, 자일리톨을 용해한 용액으로 가글한 한 시간 뒤 타액을 채취하였고 그 결과를 한 시간 뒤 타액을 채취하였고 그 결과를 <Fig. 3>과 <Fig. 4>에 제시하였다. 멸균수 적용 후의 일반 구강미생물은 2.6×10^3 CFU/ml이고, 설탕 적용 후의 일반 구강미생물은 5%, 10%, 15%에서 각각 평균 8.3×10^2 CFU/ml, 1.0×10^4 CFU/ml, 1.5×10^3 CFU/ml 로 나타났다. 설탕대체재 에리스리톨 적용 후의 일반 구강미생물은 5%, 10%, 15%에서 각각1.2×10^2 CFU/ml, 2.2×10^2 CFU/ml, 7×10^2 CFU/ml, 자일리톨 적용 후의 일반 구강미생물은 5%, 10%, 15%에서 각각 8 CFU/ml, 7×10 CFU/ml, 3×10^2 CFU/ml로 나타났다.



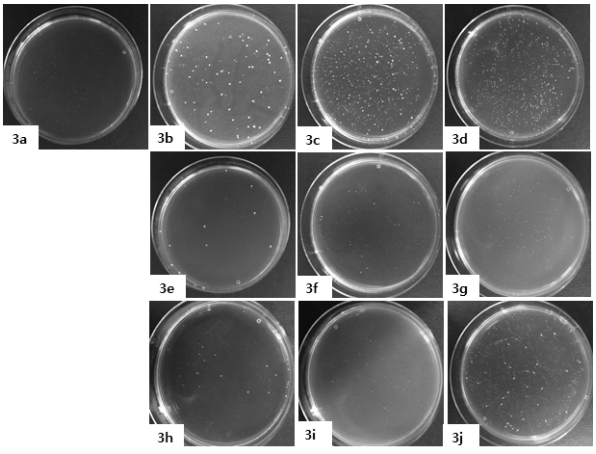
〈Fig. 2〉 Degree of growth of *S. mutans* and *L. casei* using CRT® bacteria.

위의 결과를 통해 일반구강미생물은 설탕, 에리스리톨, 자일리톨 순으로 감소하였다. 따라서 설탕대체재로써 일반구강미생물의 생장을 가장 효과적으로 줄일 수 있는 것은 자일리톨이고, 에리스리톨도 일반구강미생물의 감소에 효과가 있음이 확인되어 구강의 모든 미생물의 감소에 효과적임이 확인되었다.



〈Fig. 3〉 Changes in oral microorganisms after application of sterilized water, sugar, erythritol and xylitol solutions.

3a, sterilized water; 3b, sugar 5%; 3c, sugar 10%; 3d, sugar 15%; 3e, erythritol 5%; 3f, erythritol 10%; 3g, erythritol 15%; 3h, xylitol 5%; 3i, xylitol 10%; 3j, xylitol 15%.

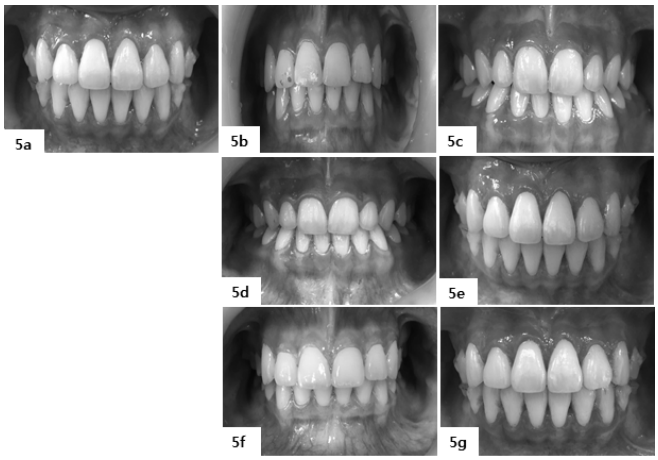


〈Fig. 4〉 Changes in oral microorganisms after application of sterilized water, sugar, erythritol and xylitol solutions.

3. 설탕대체재 사용에 따른 치면세균막의 변화

설탕대체재인 에리스리톨과 자일리톨이 치면세균막에 미치는 영향을 확인하기 위해 멸균수와 각 10%, 15%의 설탕, 에리스리톨, 자일리톨을 용해한 용액으로 가글한 한 시간 뒤 O'Leary index 이용하여 치면세균막지수를 측정하였고 그 결과를 <Table 1>과 <Fig. 5>에 제시하였다. O'Leary index측정 결과 멸균 증류수의 경우 평균 19.6, 설탕 10%의 경우 33.6, 설탕 15%의 경우 56.3, 에리스리톨 10%의 경우 18.6, 에리스리톨 15%의 경우 40.6, 자일리톨 10%의 경우 22.3, 자일리톨 15%의 경우 36으로 치면세균막지수가 설탕, 에리스리톨, 자일리톨 순으로 크게 나타났다.

치면세균막의 부착률을 효과적으로 줄일 수 있는 설탕대체재는 자일리톨이고, 에리스리톨에서도 약간의 효과가 나타나는 것으로 확인되었다.



〈Fig. 5〉 Change of dental plaque after application of sterilized water, sugar, erythritol and xylitol solutions.

5a, sterilized water; 5b, sugar 10%; 5c, sugar 15%; 5d, erythritol 10%; 5e, erythritol 15%; 5f, xylitol 10%; 5g, xylitol 15%.

〈Table 1〉 Change of O'Leary index results after application of sterilized water, sugar, erythritol and xylitol solutions

	Sterilized water	Sugar 10%	Sugar 15%	Erythritol 10%	Erythritol 15%	Xylitol 10%	Xylitol 15%
O'Leary index	19.6	33.6	56.3	18.6	40.6	22.3	36

Ⅳ. 고찰

치면세균막은 당단백질 성분이 치아표면에 부착되어 형성된 획득피막에 구강 내 각종 세균들이 부착하여 만들어지는 점착성 세균의 덩어리로 구성된 것으로 치면세균막 내의 세균들은 구강의 가장 흔한 질병인 치아우식증과 치주질환을 야기시킨다[10]. 치면세균막 내의 세균들 중 *S. mutans*와 *L. casei*의 경우 글루칸 합성으로 치면세균막 형성에 중요한 역할을 하고 그 결과 치아우식을 유발하고 유지하는 균으로 잘 알려져 있다[6][10].

본 연구는 설탕대체재인 에리스리톨과 자일리톨의 주요 우식 유발균인 *S. mutans*와 *L. casei*를 포함한 구강 미생물의 성장과 치면세균막 형성의 억제 효과를 알아보기 위해 동일한 환경을 유지시킨 후 멸균수와 각 10%, 15%의 설탕, 에리스리톨, 자일리톨을 적용하였고 한 시간 뒤 타액을 채취하여 실험에 이용하였다. CRT® bacteria를 이용하여 구강에서 *S. mutans*와 *L. casei* 생장 정도를 확인한 결과 *S. mutans*와 *L. casei*의 생장을 가장 효과적으로 차단할 수 있는 설탕 대체제는 자일리톨임이 확인되었고 에리스리톨은 자일리톨에 비해 낮은 효과를 보였다. *S. mutans*의 경우 설탕용액 적용 후 높은 성장이 확인되었고 에리스리톨과 자일리톨 적용 시에는 감소되었다. *L. casei*의 경우 *S. mutans*에 비해 설탕용액 적용 시 성장 정도가 크게 증가하여 설탕용액에 더 민감한 것으로 확인되었고 에리스리톨과 자일리톨 적용에서는 감소되었다. *S. mutans*가 설탕에서는 높은 성장력을 보이고 에리스리톨과 자일리톨에서는 감소효과를 가진다는 결과는 여러 보고된 연구들의 결과와 동일하였다[1][12][17][18][19][20]. 에리스리톨과 자일리톨의 적용에 따른 *S. mutans*의 성장력 감소와 수적 감소 효과는 대사과정 중 산생성을 억제[12]와 유당 이용의 억제[6]를 통해 이루어지고 그 결과 치아의 우식 형성을 감소시켜 우식예방의 효과를 가지게 된다. 설탕대체재와 *L. casei*를 이용한 연구를 통해 *L. casei*의 성장 감소를 보고한 결과가 있어[18] 우리의 연구결과와 동일하였으나 어떠한 과정과 직접적인 효과에 대한 보고가 부족한 실정이다. 설탕대체재인 에리스리톨과 자일리톨의 일반 구강미생물의 변화에 미치는 영향을 확인한 결과 일반구강미생물의 생장을 가장 효과적으로 줄일 수 있는 것은 자일리톨이고, 에리스리톨도 일반구강미생물의 감소에 효과가 있음이 본 연구를 통해 확인되었다. 따라서 설탕대체재인 에리스리톨과 자일리톨은 구강의 모든 미생물의 감소에 효과적임이 확인되었다. 이러한 결과 역시 다른 보고와 동일하였다[20]. 본 연구에서 O'Leary index 이용하여 치면세균막지수를 측정한 결과 치면세균막의 부착률을 효과적으로 줄일 수 있는 설탕대체재는 자일리톨이고, 에리스리톨에서도 약간의 효과가 나타나는 것으로 확인되었다. 이러한 결과는 자일리톨이 치면세균막 형성을 감소[12]와 치면에 세균의 부착률을 감소[2]시킨다는 다른 연구의 보고와 동일하였다.

이상의 결과로부터 에리스리톨과 자일리톨은 구강에서의 치아우식증을 유발하는 *S. mutans*와 *L. casei*를 포함하는 구강 일반세균의 수를 감소시키고 치면세균막 형성을 억제시키므로 우식예방효과를 가지는 설탕대체재로 충분한 가치가 있을 것으로 생각된다.

Ⅴ. 결론

설탕대체재인 에리스리톨과 자일리톨의 주요 우식 유발균인 *S. mutans*와 *L. casei*를 포함한 구강 미생물의 성장과 치면세균막 형성의 억제 효과를 알아보기 위해 동일한 환경을 유지시킨 후 멸균수와 각 10%, 15%의 설탕, 에리스리톨, 자일리톨을 적용하였고 한 시간 뒤 타액을 채취하여 실험에 이용한 결과는 다음과 같다.

1. 구강에서 *S. mutans*와 *L. casei* 생장을 가장 효과적으로 차단할 수 있는 설탕 대체제는 자일리톨임이 확인되었고 에리스리톨은 자일리톨에 비해 낮은 효과를 보였다. *S. mutans*의 경우 설탕용액 적용 후 높은 성장이 확인되었고 에리스리톨과 자일리톨 적용 시에는 감소되었다. *L. casei*의 경우 *S. mutans*에 비해 설탕용액 적용 시 성장 정도가 크게 증가하여 설탕용액에 더 민감한 것으로 확인되었고 에리스리톨과 자일리톨 적용에서는 감소되었다.
2. 일반구강미생물의 생장을 가장 효과적으로 줄일 수 있는 것은 자일리톨이고, 에리스리톨도 일반구강미생물의 감소에 효과가 있음이 확인되었다.
3. 치면세균막의 부착률을 효과적으로 줄일 수 있는 설탕대체재는 자일리톨이고, 에리스리톨에서도 약간의 효과가 나타나는 것으로 확인되었다.

따라서 에리스리톨과 자일리톨은 구강에서의 치아우식증을 유발하는 *S. mutans*와 *L. casei*를 포함하는 구강 일반세균의 수를 감소시키고 치면세균막 형성을 억제시키므로 우식예방효

과를 가지는 설탕대체재로 충분한 가치가 있을 것으로 생각된다.

참고문헌

1. Lee JC, Kim DE: An effect of xylitol on the adhesiveness of Streptococcus mutans to synthetic hydroxyapatite; An in vitro study. Journal of Wonkwang dental Research Institute 11(2):139-150, 2002.
2. Kim KH, Jeong BC, Oh CS, Yang KH:. The effect of xylitol and carbohydrates on Streptococcus. J Korean Acad Pediatr Dent 29(4):561-567, 2002.
3. Lee SH: The effects of xylitol mouth rinse on salivary dental caries activity. doctoral dissertation, Yeungnam University, Kyungbuk, 2013.
4. Health Insurance Review and Evaluation Center: 2010 Medical Statistics Index, 2010.
5. Kim KH, Jeong BC, Oh CS, Yang KH:. The effect of xylitol and carbohydrates on Streptococcus. J Korean Acad Pediatr Dent 29(4):561-567, 2002.
6. Gibbons RJ, Bangghart SS: Synthesis of extracellular dextran by cariogenic bacteria and its presence in human dental plaque. Arch Oral Biol 12:11-24, 1967.
7. Dewar MG, Walker GJ: Metabolism of the polysaccharides of human dental plaque. Caries Res 9(1):21-35, 1975.
8. Gibbons RJ, van Houte J: Bacterial adherence in oral microbial ecology. Ann Rex Microbiol 29:19-44, 1975.
9. Kim EJ: A study on the reduction effects on oral microorganisms through the different methods of controlling dental plaque. master's thesis, Dankook University, Chunan, 2003.
10. Byun SH, Lee CH: Dental Caries Suppression Effect and Other Physiological Properties of Erythritol. Korean J Food Sci Technol 30(2):446-449, 1998.
11. Park YN: The inhibitive effect of erythritol on growth and acidogenic ability of Streptococcus mutans. The Journal of Digital Polish & Management 11(12):515-522, 2013.
12. Kim SY, Shin SC, Seo HS: Comparative study on remineralizing effect of sorbitol, xylitol & erythritol sweetened chewing gums. J Korean Acad Dent Health 26(4):593-607, 2002.
13. Leach SA, Green RM: Reversal of fissure caries in the albino rat by sweeting agents. Caries Res 15:508-511, 1981.
14. Trahan L, Neron S, Bareil M: Intercellular xylitol-phosphate hydrolysis and efflux of xylitol in Stereptococcus sobrinus. Oral Microbiol Immunol 6(1):41-80, 1991.
15. Rickles NK: The estimation of caries activity by a new colorimetric laboratory test: a preliminary investigation. J Dent Res 32(1):3-17, 1953.
16. Dodds MJ, Hiseh SC, Jonson DA: The effect of increased mastication by daily gum-chewing on salivary gland output and dental acidogenicity. J Dent Res 70(12):1474-1478, 1991.
17. Mäkinen KK, Alanen P, Isokangas P, et al: 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 58(1):41-50, 2008.
18. 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 35(4):1024-1027, 2004.
19. 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 23(5):378-384, 1989.
20. Park YN: The effect of erythritol on gtf and ftf expression from Streptococcus mutans. doctoral dissertation, Chonnam National University, Chonnam, 2011.