

# 자일리톨의 효과 및 활용방법에 대한 고찰

신경희 · 안용순<sup>1</sup>

신구대학 치위생과 · <sup>1</sup>을지대학교 치위생학과

## A review of effect and how to use xylitol

Kyoung-Hee Shin · Yong-Soon Ahn<sup>1</sup>

*Dept. of Dental Hygiene, Shingu University,*

<sup>1</sup>*Dept. of Dental Hygiene College of Health Science, Eulji University*

---

### ABSTRACT

**Objectives** : This paper is designed to help the public prevent their future dental caries, based on the studies of xylitol about its efficacy and effectiveness, and its appropriate usage.

**Methods** : This study of xylitol on the basis of existing research papers and literature is not only to learn about the mechanism of what xylitol acts, but also to search the effectiveness of incompleteness of xylitol-containing foods, bacterial infection between xylitol and mother-baby, and the side-effects of xylitol.

**Results** : 1. Xylitol's continuous intake of teeth effects the decrease of calculus amount, cleanness of teeth, as well as the remineralization process. The xylitol effect varies depending on the weight of xylitol, which has no effect on root caries. 2. Mouth gargle solution is higher resistant against acids; recalcification is significantly reduced; and remineralization effect represents. 3. It is reported that regular consumption of xylitol by mothers just during two years after birth has significantly decreased the spread possibility of mutans streptococci. 4. The reduction of dental caries by xylitol is happened by its restraining the growth of bacteria resource caries, with their presence in amount of uncontrolled growth. 5. When a small amount of eating xylitol is absorbed slowly into gastrointestinal tract, being followed by glucose metabolism in the liver, while its excessive amount of eating can cause gastrointestinal problems.

**Conclusion** : Dental hygienists should be required to provide dental information to the public on the basis of academic knowledge. In situation that one is not yet sure of xylitol on solid and multifaceted researches, there must be needed more accurate and detailed reviews on the side-effects of xylitol and the overall impact on the oral environments.

**Key words** : xylitol, remineralization, recalcification, streptococcus mutans, gastrointestinal

**색인** : 자일리톨, 재광화, 재석회화, 연쇄구균중, 위장의

---

## 1. 서론

구강건강은 다른 질환과는 달리 한번 질병에 이환되면 본래의 상태로 되돌릴 수 없고, 만성적으로 진행되는

질환이므로 구강병과 그 예방법에 대한 정확한 지식을 습득하고 올바른 태도를 형성하여 행동으로 옮기는 과정이 습관화되어야 한다. 구강병 중 특히 치아우식증의 예방은 치면세균막관리, 불소이용, 식이조절, 치아홈메

---

교신저자 : 안용순 우) 461-713 경기도 성남시 수정구 양지동 212 을지대학교 치위생학과

전화 : 031-740-7228 휴대폰 : 016-502-8776 전송 : 031-740-7352 E-mail : ahnys56@eulji.ac.kr

접수일-2010년 9월 28일 수정일-2010년 12월 2일 게재확정일-2010년 12월 18일

우기 등의 여러 가지 예방법을 이용하여 복합적으로 관리하여야 하는 질환이나 현재의 구강보건사업은 잇솔질 교육, 불소이용 및 치아홈메우기에 집중되어 있고 구강병 요인 중 병원체 요인에 대한 관리와 식이조절에 의한 치아우식증 예방에 대해서는 관심이 적으나 유아나 아동들에게 있어서는 구강건강관리가 일상생활 속에서 손쉽게 실천할 수 있고 습관화되도록 지속적으로 실행하는 것이 중요하여 식품 중의 설탕 섭취를 줄이는 식이조절과 함께 설탕을 대체할 수 있는 비우식성 감미제에 대한 관심이 늘어나고 있다<sup>1)</sup>. 치아우식증은 주로 구강에 상주하고 있는 치아 우식성의 세균인 *mutans streptococci*(*Streptococcus mutans*, *Streptococcus sobrinus*)에 의하여 일어나는 치아경조직질환으로 여기에는 자당(sucrose)과 같은 발효성의 당질이 밀접한 관계가 있다. 즉 치아우식은 치아 우식 요인들이 종합적으로 작용해서 일어나는데 주요 요인으로서는 숙주(치아), 우식원인세균, 자당으로 대표되는 음식물 그리고 실제로 발효 등이 진행되는 시간이다. 우식 과정은 우식성 세균이 자당으로부터 점착성의 glucan을 합성하여 치아에 강하게 부착하여 구강내 세균들과 엉켜 치석을 형성하고 아울러 발효성 당질이 이들 세균들에 의해 젖산, 초산, 프로피온산과 같은 유기산으로 분해되어 구강내 산도(pH)를 더욱 낮추게 된다. 이때 생성된 각종 유기산으로 인해 낮아진 구강내의 산도(pH 5.5이하)는 치아의 구성성분인 인산칼슘 중  $Ca^{2+}$ 을 녹아내리게 하여 치아 표면에 미세한 홈집을 형성시키고 결국에는 우식까지 이르게 한다. 또한 불용성글루칸 합성은 부식 원인균에 있는 효소 GTase(glucosyltransferase)에 의해 자당으로부터 이루어지며 세균들을 치아에 더욱 단단히 고정시켜 우식을 더욱 촉진 시킨다<sup>2)</sup>. 따라서 자당은 다른 어떤 발효성 당질보다도 치아우식을 유발하기 쉬운 물질이다.

이런 자당을 대체하기 위한 여러 대체 감미제에 대한 연구개발은 이전부터 많이 이루어져 왔지만 부분적으로 자당을 대체할 수 있는 물질이 개발되어 사용되고 있다. 그 중 대표적인 것이 자일리톨과 솔비톨 같은 당알코올류이다. 특히 자일리톨의 경우 비우식성(non-cariogenic)·항우식성(anti-cariogenic) 물질로서 솔비톨이나 다른 당 알코올류보다 우식예방에 더욱 효과적일

뿐만 아니라 자일리톨을 함유한 츄잉껌이나 제과류의 꾸준한 섭취가 우식발생률을 감소시킨다고 보고되고 있다<sup>3)</sup>. 이에 구강보건학 분야에서의 자일리톨 사용의 권장이 늘고 있으며, 그 효과에 대한 대중적인 인식이 점차 증가하고 있다. 그러나 자일리톨의 치아우식 예방효과에 대한 인식에 비해 정확한 근거나 결과에 기초한 확실한 지식을 갖고 있는 사람은 그리 많지 않다. 또한 현재 대부분의 자일리톨 관련 상품들은 설탕을 완전 대체하지 못하고 부분적으로 혼합되어 판매되고 있어, 자당과 자일리톨의 부분적인 배합 시 자일리톨의 함유량에 따른 항우식 효과 및 그 정도에 관해서는 아직 의견이 분분하고 있다<sup>4)</sup>. 그러므로 자일리톨의 효과에 대한 정확한 지식을 보급하여 상업적 광고에 의한 홍보보다는 학문적 근거에 기초한 치아우식증 예방효과를 홍보하여 구강건강증진을 위해 자일리톨이 보다 더 치아우식증 예방에 유용하게 활용될 수 있도록 하여야 한다. 최근 연구에 의하면 일반인들이 구강보건에 대한 지식을 습득하는 주된 경로 중 하나가 구강보건전문가에 의한 교육이라고 한다<sup>5,6)</sup>. 그러므로 국민들이 자일리톨을 구강병 예방에 효율적으로 활용하게 하기 위해서는 구강보건전문가의 역할이 필요하며, 이를 위해서는 먼저 교육을 담당하는 구강보건전문가들이 전달하고자 하는 교육 내용에 대한 정확한 지식의 습득이 우선되어야 한다<sup>7)</sup>. 지금까지 자일리톨의 효과에 관한 연구결과는 많이 나와 있으나, 실제 대중이 접할 수 있는 자일리톨 함유 제품에 관한 종합적인 평가와 고찰은 많지 않다. 따라서 본 연구는 자일리톨에 관한 그동안의 연구논문을 토대로 함유량 및 형태에 따른 자일리톨의 효능 및 효과, 적절한 사용방법에 관한 결론을 도출하여 향후 치아우식 예방에 활용할 수 있도록 하고자 한다. 이에 본문에서는 기존의 여러 연구논문을 토대로 자일리톨의 작용기전, 자일리톨이 함유된 식품 및 제품의 효과, 자일리톨이 모자간의 세균감염과 구강미생물총에 미치는 영향, 자일리톨의 부작용 등을 살펴보고자 한다.

## 2. 연구대상 및 방법

본 연구에서는 자일리톨의 효과에 대한 논문들을 수집하여 자일리톨이 함유된 식품, 자일리톨이 함유된 제

품, 자일리톨과 모자간의 세균감염에 관련된 연구, 자일리톨이 구강미생물총에 미치는 영향에 관한 실험연구로 나누어 그 효과를 분석하였으며, 자일리톨의 섭취에 따른 부작용에 관해 서술하였다.

### 3. 연구성적

#### 3.1. 자일리톨의 작용기전

자일리톨은 식물에서 추출한 D-xylose를 수소화하여 생산하는 천연감미료로 알코올기를 포함한 5탄당으로서, 자당과 같은 당도를 가지며 고체 상태에서는 구강상쾌감을 나타낸다. 자일리톨은 인체대사 과정인 글루쿠론산오탄당 인산회로(pentose phosphate cycle)에서 생성되기도 하고, 과일과 야채에 존재하는 천연감미료이다. 현재 식품첨가 감미료나 미용제 또는 약제로 사용되고 있다<sup>2)</sup>. 또한 구강세균 중 일부만이 자일리톨을 대사하여 산을 생성하는데<sup>8-10)</sup>, 치아우식증 유발에 큰 역할을 하는 *Streptococcus mutans*는 자일리톨을 대사에 이용하지 못하며<sup>11)</sup> 오히려 자일리톨이 세균의 glucose 대사에 영향을 미쳐서 세균의 성장을 저하시키고 결과적으로 당대사 물질인 젖산의 생산이 감소되며<sup>8)</sup>, 자일리톨 섭취 시 타액내 *Streptococcus mutans* 수<sup>11)</sup>와 치태의 양이 감소하게 된다<sup>12)</sup>. 또한 치태 내 pH를 중화시켜 주고, 중화된 후 지속시간을 길게 유지시키기 때문에 재광화능력을 증가시킴으로써 우식억제효과를 나타낸다<sup>11,12)</sup>. 또한 치면세균막 성장을 억제시키고 그 치면세균막의 염증 유발을 감소시켜 치주염 및 치은염 등 치주질환 예방효과가 있다<sup>13)</sup>. 이러한 자일리톨은 뮤탄스 균이 섭취해도 산을 생성하지 못하는 무익회로(Futile Cycle)를 만든다. 5탄당이라는 특수한 자일리톨 구조 때문에 뮤탄스 균은 자일리톨을 당분으로 여겨 섭취하게 되는데, 섭취된 자일리톨은 인산화반응을 거치면서 산을 만들지 못하고 자일리톨 5인산으로 변환된다. 그러나 이는 독성을 가지게 되므로 뮤탄스 균 내에서 가수분해를 거쳐 독성이 없는 무기인염산과 자일리톨로 다시 분해되면서 열량, 즉 에너지를 획득하지 못하게 된다. 그리고 뮤탄스 균은 자일리톨을 다시 세포 밖으로 배출한다. 이렇게 배출된 자일리톨을 뮤탄스 균은 다시 섭취하고 이러한 대사를 수차례 반복하면서 열량

을 획득하지 못하는 무익회로가 형성되어 활동성이 떨어지게 된다. 이와 같은 원리로 자일리톨을 섭취함으로써 균에 의해서 만들어지는 플라그를 감소시키고, 산을 만드는 것을 방해하여, 우식 발생을 감소시킬 수 있다<sup>3-15)</sup>. 또한 자일리톨은 입 안을 시원하게 해 주는 청량 효과가 있으며 타액분비를 촉진하는 등 충치 예방에 적합해 충치 예방 식품의 첨가물로 이용되고 있다. 자일리톨의 섭취로 타액분비가 촉진되어 구강 내의 산도(pH)가 중성이 되면 침 속에 용해되었던 칼슘이 다시 법랑질과 결합하게 되어 미세하게 우식이 일어났던 부분을 다시 복원하게 된다<sup>3,16-18)</sup>.

#### 3.2. 자일리톨 함유 식품의 효과

자일리톨이 함유된 식품의 섭취는 구강환경에 영향을 줄 수 있으며, 대체당으로서의 자일리톨과 치아우식증의 발생관계를 가장 쉽게 파악할 수 있게 하는 것은 역학적 임상연구로<sup>19)</sup> 개인 구강위생 관리가 제대로 되지 않는 6세 아동을 대상으로 한 실험에서 모든 유치가 영구치로 완전히 맹출 하기까지 자일리톨을 꾸준히 섭취한 결과, 1년 동안은 실험군과 대조군 사이에는 별 차이가 없었으나, 맹출 2년 후부터는 실험군의 우식증가율이 60% 감소한 실험결과를 보여 주었으며<sup>20)</sup>, Isokangas & Mäkinen는 자일리톨의 지속적인 섭취는 플라그의 양을 줄여주고, 치아의 청결감도 느끼게 해준다고 하였다<sup>21)</sup>. 자일리톨 저작이 우식증 예방에 도움을 줄 수 있다는 논문<sup>22-27)</sup>이 있으며, 1975년 Turku 대학의 Mäkinen 교수팀에 의해 이루어진 자일리톨 연구와 이후 헝가리, Ylivieska, Montreal, Belize 등에서 실시된 일련의 실험들에 대한 결과를 윤희열의 자일리톨 역학적 임상연구 일람표로 정리하였다<sup>19)</sup>(표 1).

또한 자일리톨은 법랑질의 재광화 과정에도 영향을 미친다. 인공우식 유발치아를 만들어 구강 내 고정하고 광질의 재침착을 확인해 보인다<sup>28,29)</sup>. 이 논문들은 자일리톨이 함유된 껌을 저작함으로써 법랑질의 미세경도는 증가하고 병소의 밀도 및 하방경계가 희미해지며 손상된 법랑소주구조가 복구되고, 우식병소의 경우에는 그 깊이가 낮다고 말하고 있다. 모든 자일리톨 식품이 다 같은 효과를 나타내는 것은 아니다. 자일리톨을 함유하고 있는 식품들의 자일리톨 함유량에 따라서 그 효과가

표 1. 자일리톨 역학적 임상연구 일람

| 연구명                    | 기간       | 대상자       | 섭취방법   | 자일리톨<br>섭취량<br>(g/일) | 결과(우식발생 감소율)   |
|------------------------|----------|-----------|--|----------------------|--|
| Turku Sugar Studies(1) | 2년       | 평균 28세 성인 | 모든 식품에 함유되어 있는 감미료를 자일리톨 또는 과당으로 대체                  | 67                   | 자일리톨군은 설탕군에 비해 85%, 과당군에 대해서는 50% 감소                 |
| Turku Sugar Studies(2) | 1년       | 평균 22세 성인 | 보통 식사 후에 자일리톨 또는 설탕 껌 섭취                             | 6.7                  | 자일리톨껌군은 설탕껌군에 비해 82% 감소                              |
| (구)소비에트연방 연구           | 2년       | 8~14세 아동  | 제과에 함유된 설탕의 일부를 자일리톨로 대체                             | 30                   | 자일리톨군은 설탕군에 비해 70% 감소                                |
| 헝가리 연구                 | 3년       | 7, 10세 아동 | 매식후 자일리톨껌과 불소화물 함유 우유 또는 음료 섭취하며 양군 모두 불소화물 함유 치약 사용 | 14~20                | 불소화물의 전신 응용군에 비교하여도 자일리톨껌 군에서는 35% 감소                |
| Montreal 자일리톨껌 연구      | 2년       | 8~9세 아동   | 매식 후 자일리톨 껌 섭취                                       | 3.4                  | 자일리톨껌 섭취군은 비섭취군에 비해 54~59% 감소                        |
| Ylivieska 자일리톨껌 연구     | 2~3년     | 11~13세 아동 | 매식 후 자일리톨 껌 섭취                                       | 10                   | 자일리톨껌 섭취에 따라 45~61% 감소                               |
| Belize 자일리톨껌 연구        | 24~40 개월 | 6, 10세 아동 | 100% 자일리톨껌, 자일리톨+솔비톨껌, 100%솔비톨껌, 설탕껌 사용              | 4.3~9.0              | 100% 자일리톨 코팅껌이 가장 효과가 높았고 껌을 사용하지 않는 경우와 비교해서 71% 감소 |

달라진다. 자일리톨의 농도비가 50% 이상일 경우에는 세균의 산생성이 억제되며 75% 이상일 경우에는 합성 수산화인회석 표면에 *S. mutans* 부착이 유의하게 억제된다<sup>30)</sup>. 또한, 100% 자일리톨 65g을 저장한 군이 자일리톨 15g을 저장한 군보다 치아우식 증가율이 낮게 나타났다<sup>31)</sup>.

### 3.3. 자일리톨 함유 식품의 불완전성

자일리톨을 저작함으로써 노인의 구강 불편감에 미치는 효과를 실험 한 논문에서는 시간이 경과함에 따라 저작 전과 저작 후의 차이가 있었으나, 그것은 껌을 저작함으로써 타액이 분비되어 개선되는 것이지 자일리톨 자체가 구강불편감 해소에 미친 효과는 아니라고 말하고 있다<sup>32)</sup>. 노인의 치근 우식증에 영향을 미치는지 알아보는 또 다른 실험에서도 자일리톨을 저작한 후에 확인해 본 결과 치근 우식증의 빈도수는 차이가 없다고 나타났으며, 이는 56% Xylitol이 우식위험 감소효과가 완전하지 않다는 것을 말해주고 있다<sup>33)</sup>.

### 3.4. 자일리톨 함유 제품의 효과

치아우식증 예방 약품 및 구강위생 관련 제품에서의 자일리톨 이용은 제과류를 포함하여 식품에 사용하는 빈

도에 비해 그다지 많지는 않다. 그렇지만 그 응용범위는 다양하므로 불소화물, 치약, 구강세척제, 구강건조증용 젤, 정제 등 각종 구강위생 관련 제품에 자일리톨이 이용되어 기존의 치아우식증 예방법에 부가 효과를 부여하고 있다<sup>19)</sup>.

#### 3.4.1. 구강세척제(배합양치액)

자일리톨이 구강세척액에 사용되고 있어 불화나트륨 등과 함께 첨가된 제품들이 상용화되고 있다. 불화나트륨과 자일리톨이 첨가된 배합양치액(구강세척제)의 효과에 대한 연구에서 배합양치액의 법랑질표면미세경도 변화를 보기 위하여 치열이 비교적 고르고 우식병소가 없는 10명의 성인 남녀를 대상으로 선정하여 실험이 이루어졌다<sup>34)</sup>. 0.02% NaF배합양치액사용군에서는 양치액사용후 법랑질경도의 증가를 나타내었으나, 통계학적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다. 그러나 0.05% NaF 배합양치액사용군과 10%Xylitol-0.02%NaF 배합양치액사용군에서는 통계학적으로 유의한 차이가 인정되는 법랑질경도의 증가를 나타냈다. 표면미세경도의 증가는 재광질화의 증가를 의미하는 것으로 실험대상양치액 사용 전 후 법랑질경도의 변화량은 0.02%NaF배합양치액사용군보다 0.05%NaF배합양치액사용군과

10%Xylitol-0.02%NaF배합양치액사용군에서 더 높은 법랑질표면미세경도의 증가양상을 나타내었으나, 통계학적으로 유의미한 차이가 인정되지는 않았다. 즉, 통계학적으로는 유의미한 차이가 인정되지는 않았으나 각 양치액의 성분에서 자일리톨의 재광화효과를 알아볼 수 있다. Xylitol이 첨가된 0.05% 불화나트륨 양치액이 인공초기우식병소의 재석회화에 미치는 영향에 관한 연구<sup>35)</sup>에서는 법랑질에 인위적으로 초기우식병소를 유발시켜 자연적인 재석회화, 불화나트륨과 자일리톨이 포함된 양치 용액으로 양치 후의 표면미세경도, 병소 깊이에 따른 미세경도, 내산성실험 후 표면미세경도를 측정하고 주사전자현미경으로 표면변화를 관찰하였다. 구강 내 노출실험 후 표면미세경도는 불화나트륨과 자일리톨의 함유가 미치는 영향이 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 내산성실험을 행하여 표면미세경도를 측정한 결과에서는 타액군에 비해 불소용액양치군, xylitol-불소용액양치군이 높은 표면미세경도를 나타냈으며, 구강 내 노출실험군의 내산성실험 후 표면미세경도를 백분율로 나타낸 경우 xylitol-불소용액양치군, 타액군의 순으로 나타났고 타액군에 비해 불소용액양치군, xylitol-불소용액양치군이 산에 대한 저항성이 높게 나타났다. EDXS로 표면의 성분을 분석하여 Ca/P를 비교한 결과 인공초기우식병소, 타액군, 불소용액양치군, xylitol-불소용액양치군의 순으로 높아져 보다 안정된 결정형태로 재석회화 되었음을 알 수 있었다. 주사전자현미경으로 구강 내 노출 실험 후 표면변화양상을 관찰한 결과 타액노출군, 불소용액양치군 및 xylitol-불소용액양치군 모두에서 인공초기우식병소에 비해 탈회양상이 상당히 감소하였고 미세공과 균열부위가 대부분 회복되어 표면구조가 비교적 균일하였으며 과립형의 침착물들이 관찰되어 재광화 과정을 확인할 수 있었다.

### 3.4.2. 정제

정제 형태로의 자일리톨 이용은 자일리톨 자체만으로 혹은 불소화물 정제에 첨가한 형태로 사용되고 있다. 정제는 주로 껌을 씹는 것이 곤란한 대상에게 권장되는데 치아교정환자, 구강건조증 환자의 보습효과 등을 위해 폭넓게 이용될 수 있다<sup>19)</sup>. 자일리톨이 첨가된 불소화물 정제를 2정 섭취했을 때 타액유출량이 약 2배로 증가한

다고 보고하였다<sup>36)</sup>. 또한 교정환자의 구강위생에 자일리톨과 불화나트륨을 함유한 저작성 정제가 미치는 영향에 관한 연구가운데 교정치료 중인 성인 환자를 대상으로 약제 사용 전, 2주 후, 4주 후에 피험자의 구강(상·하악 좌우 제1소구치 및 제1대구치, 제1소구치 발치환자의 경우 제2소구치로 대체)에서 각각 치은 지수, 치은 출혈 지수, 치태 지수를 측정한 임상실험<sup>37)</sup>에서 치태 지수가 약제 사용 전에 비해 사용 2주 후와 4주 후에 유의성 있게 감소하였다. 또한, 적용 2주 후와 4주 후의 지수를 비교하였을 때 4주 후에 좀 더 개선된 경향을 보였다. 치은 지수, 치은 출혈 지수도 적용 전에 비하여 2주 후와 4주 후 유의성 있게 감소하였다. 적용 2주 후와 4주 후의 지수를 비교 검증에서 통계학적으로 유의할 만한 차이는 보이지 않아 구강위생 상태의 개선이 계속 유지됨을 보였다.

### 3.4.3. 치약

자일리톨을 사용한 치약의 효과에 대한 연구<sup>38)</sup>에서는 8~10세의 소아들을 대상으로 0.243% 불화나트륨과 10% 자일리톨 배합치약 혹은 불화나트륨만 함유된 치약을 사용해 3년간 하루 2회씩 사용하며 이중맹검 하였다. 3년 후 치아우식증의 치면수를 비교해본 결과 불화물과 자일리톨이 함유된 치약을 사용한 군은 치아우식이 감소되었고, 치아 표면의 우식은 12.3%가 감소하였으며 협면·설면에서는 10.5%가 감소하였다. 그리고 불화나트륨 0.2%와 자일리톨 9%를 병용 배합한 치약은 불화나트륨만을 사용한 것보다 통계적으로 차이가 없고 재석회화율이 높았다<sup>19)</sup>.

## 3.5. 자일리톨이 모자간의 MS 전이현상에 미치는 영향

대부분의 아이들은 어머니로부터 미생물에 감염되며<sup>39-41)</sup>, 우식유발세균의 감염 시기에 대해서는 의견에 차이가 있으나 생후 수개월 이내의 이른 시기에 *mutans streptococci*에 감염되고, 일찍 *S. mutans*에 감염되면 될수록 충치를 갖게 될 위험이 높다는 여러 연구 결과가 보고되었다<sup>42-45)</sup>. 핀란드에서 있었던 모자 연구<sup>42)</sup>에서 어머니들의 규칙적인 자일리톨의 섭취는 생후 2년간의 모자간 *mutans streptococci* 전이 가능성을 현저하게



감소시키는 것으로 보고되었으며, 그 산모로부터 태어난 어린아이의 구강내의 *S. mutans* 균수가 유의하게 감소하였음을 보여 주었다. 또한 그 효과는 6개월 간격의 CHX나 불소의 처리로 얻어진 것보다 훨씬 월등하였다. 특이점으로 연구 중의 특별한 처치는 어머니들만 받았다는 점과 출산 후 2년간 이루어졌다는 것이 중요하며, 이 기간에 자녀들에게는 스스로는 어떠한 충치 발생요인에 영향을 주는 처치는 없었다.

### 3.6. 자일리톨이 구강 미생물총에 미치는 영향

자일리톨에 의한 치아우식증의 감소는 자일리톨이 우식원성 세균의 증식을 억제하여 일어난다. 자일리톨이 *mutans streptococci*(이전의 *Streptococcus mutans*와 그 유사 세균종을 통칭하며, 이 중 대표적 성격을 띠는 세균종이 *S. mutans*)에 미치는 저해 작용은 1970년대에 처음으로 발표되었다. 1980년대 초기 서로 다른 두 그룹의 연구결과에 의하면 *mutans streptococci*는 자일리톨의 무익회로에 의해 저해됨을 알 수 있다<sup>8)</sup>. 자일리톨 함유배지에서 *Streptococcus mutans*의 증식은 배지의 자일리톨 농도가 증가함에 따라 억제되며<sup>46)</sup>, 이와 유사한 다른 연구<sup>47)</sup>에서 자일리톨은 8시간 동안 *Streptococcus mutans*의 성장을 억제하며 자일리톨을 첨가한 경우 8시간 동안에도 *Streptococcus mutans*에 의해 우식임계 산도인 pH5.5에 도달하지 않았다. 이러한 자일리톨에 의한 세균의 증식 억제작용은 *Streptococcus oralis*, *Streptococcus salivarius* 등의 일부 다른 연쇄상구균에 대해서는 일어나는 반면<sup>48)</sup>, *Candida albicans*와 같이 자일리톨에 의해 성장이 억제되지 않는 종도 있어<sup>47)</sup> 자일리톨의 성장을 억제함을 나타낸다. 또한 자일리톨은 구강 세균의 점착력 및 치면 부착과도 연관이 있다. 구강감염과정에서 가장 근본적인 단계는 구강조직에 대한 세균의 부착이다. 부착이 가능해야 세균이 증식하고 집락 할 수 있으며 결과적으로 감염을 유발한다. 그러므로 세균의 부착을 억제하게 되면 감염과 그로 인한 우식을 근본적으로 억제할 수 있다. 자일리톨은 *mutans streptococci*의 sucrose를 이용한 글루칸 합성 및 글루칸을 이용한 치면부착에는 크게 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다<sup>49)</sup>. 그러나 자일리톨을 장기간 사용할 경우 *mutans streptococci*의 돌

연변이종이 발생되어 세균 자체의 부착능력을 근본적으로 바꿀 수 있으며<sup>50,51)</sup>, 자일리톨을 단기간 사용할 경우에도 타액 단백질이 도포된 hydroxyapatite에 대한 *S. mutans*의 부착에 영향을 미칠 수 있다고 하였다<sup>49)</sup>.

### 3.7. 자일리톨의 부작용

세계보건기구(WHO)는 자일리톨을 '일일 섭취량을 제한하지 않는 안전한 물질'로 규정하고 있지만, 위장장애를 일으키고 위장에 좋지 않은 영향을 미치기도 한다<sup>52)</sup>. 자일리톨은 소량을 섭취할 때는 장관에 서서히 흡수되어 간에서 포도당으로 대사가 되나, 다량 섭취 시는 위장관 장애가 발생할 수 있다. 자일리톨로 인해 발생하는 위장관 장애는 장내 삼투압의 문제로 유당을 분해하지 못해 일어나는 삼투압성 연변현상(osmotic diarrhoea)이다. 자일리톨을 하루에 다량 섭취 시 장관 내 유당의 대사과정에 영향을 미치게 되어 하루 20g 이상 섭취하게 되면 장불쾌감을 느낄 수 있으며 소아의 경우 그 한계치는 더 낮다고 한다<sup>53)</sup>. 그러나 이는 사람마다 다르게 나타나며 적정 섭취량에 대해서는 아직 의견이 분분해 일반적으로 하루 35g 이상을 섭취해야 연변현상이 일어난다는 주장<sup>3)</sup>도 있고, Turku sugar study<sup>27)</sup>에서는 성인들이 하루 50g의 자일리톨을 2년간 섭취하였으나 52명의 대상자 중 단 한명만이 장불쾌감을 호소하였다는 결과도 있다. 또한 아동들의 당알콜 섭취율이 매우 높은 스위스와 핀란드에서는 지금까지 장 불쾌감에 대한 별다른 문제가 제기되지 않았다.

## 4. 총괄 및 고안

생활수준이 향상되면서 건강에 대한 관심이 날로 높아지고 있고 질병에 대한 치료뿐 아니라 예방 또한 중요하게 자리 잡고 있다. 일시적인 방법이 아니라 지속적인 실천이 예방에 효과가 있으며, 이를 위해서는 예방에 대한 이해와 누구나 쉽게 적용할 수 있는 방법이 필요하다. 대중에게 친숙하며 쉽게 접근할 수 있는 자일리톨은 예방 도구로써 좋은 조건을 가지고 있다고 할 수 있을 것이다.

검토된 여러 연구들의 자일리톨의 효과는 설탕과 비슷한 감미도를 가지며 치면세균막 중에서 거의 발효가

되지 않는다. 또한 *Streptococcus mutans* 등 우식원 인균의 구강 내 세균의 성장을 저해하며 타액분비를 촉진시켜 자정작용을 돕는다. 재석회화를 위한 화학적 조건을 촉진시키고 치면세균막의 염증 유발력을 감소시켜 치주질환으로 이환되는 것을 막아준다. 이러한 장점을 가진 자일리톨의 효과적인 섭취형태에 따른 연구도 보고되었다<sup>54)</sup>. 본 연구에서 살펴본 연구들이 제시하는 방향을 모아본 결과, 자일리톨의 섭취 기간과 섭취량이 특히 관계가 있어, 자일리톨을 일정량 이상 지속적으로 섭취한 경우 우식예방 효과가 나타났다. 자일리톨은 섭취했을 때 가능한 장시간 자일리톨이 구강 내에 머무르는 것이 좋으므로 껌을 씹는 것이 좋다<sup>55)</sup>. 섭취 형태로는 chewing stick형 보다는 pellet형의 껌이 더 낮은 DMFS 지수 증가율을 보였으며<sup>56)</sup>, 정제 형태로 섭취할 경우는 구강 내에 자일리톨을 오랫동안 머무르도록 하기 위해 씹어 먹는 것보다 천천히 녹여 먹는 것이 효과적이다<sup>7)</sup>. 또한 자일리톨의 함유량이 50%이상일 경우 세균의 산 생성이 억제되므로 최소 함유량은 50% 이상이어야 한다<sup>57)</sup>. 섭취량과 빈도수로는 하루 1정 3회 저작하는 것보다, 하루 2정 3회 저작하는 것이 더 효과적이었다<sup>58)</sup>. 즉, 자일리톨 농도비가 50% 이상인 pellet형 자일리톨 껌을 2정(약 10g)씩 하루 3회 저작하는 것이 효과가 크다고 할 수 있다. 또한 중요한 점은 섭취 기간으로, 단기간에 우식예방효과를 얻었다는 논문은 없었으며 최소 6개월 이상 매일 자일리톨을 섭취했을 때 효과가 입증되었다. 그러나 섭취량에 대해서는 하루 4-9g에서 10-25g까지 우식예방 효과가 나타나는 결과가 있으나, 현재로서는 1일 적량은 1-20g 사이이며, 6-12g 정도가 적절하다는 평가<sup>55)</sup>를 받고 있다. 또한 자일리톨은 구강 내 세균이 섭취할 수 있는 다른 당이 없을 때 우식원인균에 무익한 에너지 소모를 계속적으로 반복하게 만들어 예방 효과를 가지므로, 구강 내에서 다른 당분을 제거할 경우 더욱 효과적이며 잇솔질 후와 자기 전에 섭취하는 것이 가장 효과가 있다. 자일리톨과 불소가 함께 배합된 기능성 제품은 불소와 자일리톨 각각의 효능이 혼합되어 더욱 많은 효과를 기대할 수 있다. 현재 여러 매체를 통하여 자일리톨에 대한 홍보가 많이 이루어져 대중의 인식도 높으며 자일리톨 함유 제품은 껌에서부터 치약, 구강세척제 등 다양한 형태로 주위에서 쉽게

접할 수 있다. 하지만 아직 자일리톨의 적절한 사용 방법에 대해 정론화 된 확실한 정보는 알려지지 않은 상태이며 또한 시중에서는 함유량 등과는 상관없이 자일리톨의 치아우식예방 효과에 대한 타이틀만 가지고 제품을 내세워 광고를 하는 일이 많다. 최근에는 치약에 감미제 목적으로 소량 배합한 자일리톨에 대해 '충치예방 효과가 있다'고 과대광고를 해 문제가 된 사례도 있었으며, 식품에 함유된 자일리톨의 효과에 대한 논란도 제기된 바 있다. 그러나 현재 '식품의 유용성 표시지침'에는 자일리톨을 일부 함유하더라도 '충치 예방에 도움이 되는 자일리톨이 〇〇mg 함유되어 있다'라는 표기가 가능해 소비자에게 혼란을 줄 소지가 있어 이에 대한 대책도 필요할 것으로 보인다. 그리고 무엇보다 자일리톨에 대해 더욱 다양한 연구가 필요하다. 자일리톨이 치아우식과 치주질환을 예방한다는 것은 분명한 사실이고, 이를 현재의 예방 사업에 적절히 활용하면 남녀노소 모두가 부담 없이 손쉽게 행할 수 있는 방법 중 하나로 좋은 효과를 거둘 수 있을 것으로, 이에 대해서는 이미 국내 외의 여러 치과계에서 이를 인정해 권장하고 있다. 특히 아동들의 경우 다른 예방법을 사용하는데 제한점이 있으므로 식이조절과 함께 자일리톨 함유 식품을 섭취하는 것이 다른 연령층에 비해 더욱 유용하게 활용될 수도 있을 것이며, 또한 구강관리에 어려움을 겪는 장애인이나, 모자 감염에 의해 영유아의 구강에 영향을 줄 수 있는 임산부의 구강 내 세균 수를 조절하는데도 많은 도움이 될 수 있을 것이다. 이 외에도 당분이 섞인 간식을 선호하는 노인층에게 대체 당으로써 자일리톨을 배합 껌 등을 활용해 타액분비율의 증가를 통한 구강 불편감을 감소시키고 구강 건강을 증진하는 방안에 대한 관심도 높아지고 있다<sup>32,59)</sup>. 다만 여기서 문제가 되는 것은 대중을 대상으로 홍보와 교육을 해야 할 우리가 자일리톨에 대한 확실한 정보를 갖고 있느냐는 것이다. 치과위생사는 구강보건전문가로서 일반 대중에게 구강건강에 대한 올바른 정보를 제공하기 위해 전문적이고 학술적인 지식이 필수적이다. 그러나 한 연구에 의하면 현재 구강보건전문가들이 일반인들에게 자일리톨에 대한 정보를 제공해야 함에도 불구하고 학술정보 등 전문적인 근거에 의한 지식보다 TV 등 언론 매체를 통해 가장 많이 습득하고 있으며, 의외로 자일리톨에 대한 인지도도 매우 낮

아 성분이나 효과, 섭취량, 섭취 방법 등 치아우식 예방 및 치면세균막에 의한 치주질환 예방에 관련된 내용을 잘못 알고 있거나 모르는 경우가 50% 이상이었다는 결과가 나왔다. 또한 자일리톨을 권유하지 않는 이유로는 자일리톨에 대한 특성을 잘 모르거나 효과를 신뢰하지 않아서라는 이유가 가장 많았으나 자일리톨에 대한 인지도가 높을수록 자일리톨을 추천하고자 하는 의지가 증가하는 것으로 나타나 자일리톨이 구강병 예방 수단으로써 보다 적극적으로 활용되기 위해서는 우선 전문가들에게 자일리톨의 구강병 예방기전에 대한 정확한 정보 제공이 필요하다<sup>7)</sup>. 오래전부터 자일리톨에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있으며 이미 많은 연구결과가 나와 있다고는 하나 이것만으로는 부족하다. 권장 섭취량 등 우식 예방에 효과를 나타낼 수 있는 용법에 대한 논란은 아직도 언급되고 있고 지금까지 발표된 연구의 거의 대부분이 치아우식 예방 효과에만 초점이 맞춰져 있다. 또한 현재 자일리톨과 관련하여 발표된 수많은 연구 논문 중 부작용이나 우식 예방 효과 외의 다른 성질이나 영향에 대한 연구는 미비하며, 자일리톨의 부작용 또는 우식 예방 효과 외에 구강환경에 미치는 영향에 관한 연구가 필요하리라 사료된다. 치과위생사는 구강보건전문가로서 전문적인 학술 지식을 바탕으로 일반대중에게 정보를 제공해야 하나, 아직 자일리톨에 관해 확실하고 다각적인 연구가 부족하며 무엇보다 자일리톨 부작용 및 전체적 구강환경에 미치는 영향에 대해 보다 정확하고 세밀한 검토가 필요하리라 생각된다.

## 5. 결론

본 연구는 자일리톨에 관한 기존 연구논문 및 문헌을 바탕으로 자일리톨의 작용기전과 자일리톨 함유 식품의 효과와 불완전성, 자일리톨이 함유된 제품의 효과, 자일리톨과 모자간의 세균감염에 관련된 연구, 자일리톨이 구강미생물총에 미치는 영향, 자일리톨의 부작용에 대해 살펴보고 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 자일리톨의 지속적인 섭취는 치태량 감소, 치아의 청결감, 재광화 과정에 영향을 미치고, 자일리톨 함유량에 따라서 그 효과가 달라지며, 치근우식증에는 효과가 없는 것으로 나타났다.
2. 구강세척제는 산에 대한 저항성이 높게 나타났으며, 탈회양상이 감소하였고, 재광화효과가 있는 것으로 나타났다. 정제는 치태 지수가 약제사용 전에 비해 유의성 있게 감소하였고, 치약은 치아 표면의 우식을 감소시켰으며 재석회화율은 높게 나타났다.
3. 어머니들의 규칙적인 자일리톨의 섭취는 생후 2년간의 모자간 *mutans streptococci* 전이 가능성을 현저하게 감소시키는 것으로 나타났다.
4. 자일리톨에 의한 치아우식증의 감소는 자일리톨이 우식원성 세균의 증식을 억제하여 일어났으나, 자일리톨에 의해 성장이 억제되지 않는 종도 있는 것으로 나타났다.
5. 자일리톨은 소량 섭취 시에는 장관에 서서히 흡수되어 간에서 포도당으로 대사되지만, 다량 섭취 시에는 위장관 장애가 발생할 수 있는 것으로 나타났다.

1. 자일리톨의 지속적인 섭취는 치태량 감소, 치아의 청결감, 재광화 과정에 영향을 미치고, 자일리톨 함유량에 따라서 그 효과가 달라지며, 치근우식증에는 효과



# 참고문헌

- 정성화, 이영은, 백혜진 외 3인. 제2인산칼슘, 후노란, 카제인포스포펩타이드와 자일리톨의 재광화 효과 평가를 위한 실험 연구. 대한구강보건학회지 2007;31(4):472-481.
- 박영민. 자일리톨 및 솔비톨의 *Streptococcus mutans* 및 *Candida albicans* 성장에 미치는 영향. 대한구강보건학회지 1998;22(3):239-248.
- 송근배. 치아우식증 예방을 위한 자일리톨의 활용. 대한치과의사협회지 2008;46(3):132-138.
- 이재춘, 이광희, 김대엽. 자일리톨 함유 식품이 합성 수산화인회석에 대한 *Streptococcus mutans*의 부착에 미치는 영향에 관한 실험적 연구. 대한소아치과학회지 2002;29(1):92-97.
- 박영남. 치위생과와 일반계열 대학생들의 구강건강 행위 관련 요인 분석. 한국치위생교육학회지 2006;6(2):129-141.
- 한지연. 유아교육기관 종사자의 구강보건지식과 실천에 대한 연구[석사학위논문]. 천안: 단국대학교 대학원; 2008.
- 정재연, 강재경, 김수화 외 4인. 구강보건전문가의 자일리톨 구강병예방효과에 대한 인지도 조사연구. 대한구강보건학회지 2008;32(3):287-298.
- Trahan L. Xylitol a review of its action on *mutans streptococci* and dental plaque-its clinical significance. Int Dent J 1995;45:77-92.
- Loesche WJ, Earnest R, Grossman NS, and Corpron R. The effect of chewing xylitol gum on the plaque and saliva levels of *Streptococcus mutans*. JADA 1984;108:587-592.
- Edwardsson S, Birkhed D, and Mejare B. Acid production from lycasin, maltitol, sorbitol and xylitol by oral *streptococci* and *lactobacilli*. Acta Odont Scand 1979;35:257-263.
- Birkhed D. Cariologic aspects of xylitol and its use in chewing gum : a review. Acta Odontol Scand 1994;52:116-127.
- Loesche WJ. The rationale for caries prevention through the use of sugar substitutes. Int Dent J 1985;35:1-8.
- Shyama M, Honkala E, Honkala S, Al-Mutawa SA. Effect of xylitol candies on plaque and gingival indices in physically disabled school pupils. J Clin Dent 2006;17(1):17-21.
- 김경희. *Streptococcus sobrinus*에 대한 탄수화물과 자일리톨의 효과[박사학위논문]. 광주: 전남대학교 대학원; 2008.
- 조원장. 자일리톨과 충치예방. 대한영양사회 학술지 Vol.224 No.2000;18-21.
- 이영희. 가철성 장치를 장착한 어린이에서 *mutans streptococci*에 대한 자일리톨 껌의 항균효과[박사학위논문]. 서울: 경희대학교 대학원; 2006.
- 신강호, 양규호, 최남기, 김선미, 오종석. *Streptococcus*의 유당분해에 대한 자일리톨의 효과. 대한소아치과학회지 2004;31(2):202-211.
- 길정환. 솔비톨 및 자일리톨 배합껌 저작이 구강환경에 미치는 영향에 관한 실험적 연구[박사학위논문]. 서울: 경희대학교 대학원; 1997.
- 윤홍렬. 자일리톨의 모든 것. 핀란드 · 일본 충치예방 연구회. 1995:6.
- Makinen KK, Hujoel PP, Bennett CA, et al. Polyol chewing gums and caries rates in primary dentition: a 24-month cohort study. Caries Res 1996;30:408-417.
- Isokangas P, Makinen KK. Xylitol chewing gum in caries prevention: a field study in children. JADA 1988;177:315.
- Alanen P, Isokangas P, Gutmann K. Xylitol candies in caries prevention: results of a field study in Estonian children. Community Dent. Oral Epidemiol 2000;28:218-224.
- 박재홍. 혼합치열기 어린이에서 *mutans streptococci*에 대한 자일리톨 껌의 항균효과에 관한 연구. 대한소아학회지 2007;34(4):632-638.
- Honkala E, Honkala S, Shyama M, Al-Mutawa SA. Field trial on caries prevention

- with xylitol candies among disabled school students. *Caries Res* 2006;40:508-513.
25. 한성근, 최연희, 손은영 외 3인. 자일리톨 껌 저작에 의한 유치 우식증 예방효과 비교분석. *대한소아치과학회지* 2004;31(2):159-168.
  26. 박지혜. 자일리톨이 치아우식유발세균인 *뮤탄스균*의 독력억제에 미치는 효과. 제31회 종합학술대회 학회지 2009;48-49.
  27. Mäkinen KK, Scheinin A, Larmas M, et al. Turku sugar studies. *Acta Odontol Scand* 1976;34(6):81-96
  28. 김선영, 신승철, 서현석. 솔비톨, 자일리톨 및 에리스리톨 배합 껌의 재광화 효과에 관한 연구. *대한구강보건학회지* 2002;26(4):593-604.
  29. 이병진, 배광학, 박우철 외 5인. 자일리톨, 후노란, 제2인산칼슘 및 카제인포스포펩타이드배합껌이 법랑질의 광질재침착에 미치는 영향에 관한 실험실 연구. *대한구강보건학회지* 2003;27(4):553-563.
  30. 이재춘, 이광희, 김대업. 자일리톨 함유 식품이 합성 수산화인회석에 대한 *Streptococcus mutans*의 부착에 미치는 영향에 관한 실험적 연구. *대한소아치과학회지* 2002;29(1):92-99.
  31. Dandelman D, Gagnon G. Effect on dental caries of xylitol chewing gum; two-years result. *J Dent Res* 67(Spec Iss):1988;472(1):65-76.
  32. 백성희. 자일리톨과 솔비톨이 노인의 구강건강과 구강불편감에 미치는 효과. *노인간호학회지* 2005;7(1):88-103.
  33. Xylitol chewing gum/pastilles and reduction of the risk of tooth decay. *The EFSA Journal* 2008;85(2):1-15.
  34. 정세환. 불화나트륨과 자일리톨배합양치액의 법랑질표면미세경도 변화와 구취감소효과에 관한 연구. *대한구강보건학회지* 1998;22(2):161-169.
  35. 신영림, 송근배. Xylitol이 첨가된 0.05% 불화나트륨 양치액이 인공초기우식병소의 재석회화에 미치는 영향. *대한구강보건학회지* 1998;22(2):147-160.
  36. Oliveb A. Mode of fluoride adminisration influence oral fluoride clierance: compersion of tablet and dentifrice administration. *Caries Res* 23 1989;107.
  37. 유상훈, 안석준, 이신재. 자일리톨과 불화나트륨을 함유한 저작성 정제가 교정환자의 구강위생에 미치는 영향에 관한 임상시험. *대한치과교정학회지* 2003;33(2):113-20.
  38. Sintes JL, Escalante C, Stewart B, et al. Enhanced anticaries efficacy of a 0.243% sodium fluoride/10% xylitol/silica dentifrice:3-year clinical results. *Am J Dent* 8 1995;231-235.
  39. Berkowitz RJ, Jordan HV. Similarity of bacteriocins of *Streptococcus mutans* from mother and infant. *Arch Oral Biol* 1975;20(11):725-30.
  40. Caufield PW, Childers NK, Allen DN, Hansen JB. Distinct bacteriocin groups correlate with different groups of *Streptococcus mutans* plasmids. *Infect Immun* 1985;48:51-56.
  41. Caufield PW, Ratanapridakul K, Allen DN, Cutter GR. Plasmid-containing strains of *Streptococcus mutans* cluster within family and racial cohorts: Implications for natural transmission. *Infect Immun* 56. 1988;3216-3220.
  42. Isokangas P, Soderling E, Pienihakkinen K, Alanen P. Occurrence of Dental Decay in Children after Maternal Consumption of Xylitol Chewing Gum, a Follow-up from 0 to 5 Years of Age. *J Dent Res* 2000;79(11).
  43. Alaluusua S, Renkonen O-V. *Streptococcus mutans* establishment and dental canes experience in children from 2 to 4years old. *Scand J Dem Res* 1983;91:453-457.
  44. Tenovuo J, Lehtonen OP, Aaltonen AS. Caries development in children in relation to

- the presence of *mutans streptococci* in dental plaque and of serum antibodies against whole cells and protein antigen I/II of *Streptococcus mutans*. Caries Res 1990;24: 59-64.
45. Tenovuo J, Aaltonen AS. Association between mother-infant salivary contacts and caries resistance in children: a cohort study. Pediatric dentistry 1994;16(2):101-110.
46. 김경희. 자일리톨과 탄수화물의 *Streptococcus mutans*에 대한 효과. 대한소아치과학회지 2002;29(4):561-567.
47. 박영민. 자일리톨 및 솔비톨의 *Streptococcus mutans* 및 *Candida albicans* 성장에 미치는 영향. 대한구강보건학회지 1998;22(3):239-248.
48. 양규호, 한수지. 자일리톨과 탄수화물이 *Streptococcus oralis*와 *Streptococcus salivarius*의 증식에 미치는 영향. 대한소아치과학회지 2003;30(4): 722-727.
49. 이진용, 신제원, 임호남, 최유진. 각종 당류가 치아우식원성 세균 *mutans streptococci*의 대사에 미치는 영향. 대한구강보건학회지 1995;19(4):507-523.
50. Trahan L, Soderling E, Drean MF, Chevrier MC, and Isokangas P. Effect of xylitol consumption on the plaque-saliva distribution on *mutans streptococci* and the occurrence and long-term survival of xylitol-resistant strains. J Dent Res 1992;71(11):1785-1791.
51. Soderling E, Isokangas P, Tenovuo J, Mus-takallio S, Mäkinen KK. Long-term xylitol consumption and *mutans streptococci* in plaque and saliva. Caries Res 1991;25:153-7.
52. WHO 식품 첨가물 시리즈 No.18. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, Toxicological Evaluation of Certain Food Additives and Contaminants, Xylitol, Geneva. 1983.
53. Maguire A, Rugg-Gunn AJ. Xylitol and caries prevention—is it a magic bullet?. British Dent J 2003;194:429-436.
54. 식품의약품안전청. 식품첨가물 안전사용을 위한 정보수집 활용의 과학화. 2002;242-244.
55. Edgar WM, Geddes DA. Chewing gum and dental health: a review. Br Dent J 1990;168(4): 173-177.
56. Mäkinen KK, Hujoel PP, Bennett CA, et al. Polyol chewing gums and caries rates in primary dentition: a 24-month cohort study. Caries Res 1996;30:408-417.
57. 이재춘, 이광희, 김대업. 자일리톨 함유 식품이 합성 수산화인회석에 대한 *Streptococcus mutans*의 부착에 미치는 영향에 관한 실험적 연구. 대한소아치과학회지 2002;29(1):92-99.
58. 박재홍. 혼합치열기 어린이에서 *mutans streptococci*에 대한 자일리톨 껌의 항균효과에 관한 연구. 대한소아치과학회지 2007;34(4):632-638.
59. Anderson LA, Orchardson R. The effect of chewing bicarbonate-containing gum on salivary flow rate and pH in humans. Archives of Oral Biology 2003;48(3):201-204.