pISSN 1229-1153 / eISSN 2465-9223 *J. Food Hyg. Saf.*
Vol. 37, No. 2, pp. 107~113 (2022)
https://doi.org/10.13103/JFHS.2022.37.2.107

Journal of Food Hygiene and Safety
Available online at http://www.foodhygiene.or.kr

식이 당 대체제인 자일리톨의 구강건강 증진에 미치는 다양한 효과: 총설

황윤숙[1] · 이후장[2]*
[1]충치예방연구회·한양여자대학교 치위생과,
[2]경상국립대학교 수의과대학·동물의학연구소

The Various Effects of Xylitol as a Dietary Sugar Substitute on Improving Oral Health : A Review

Yoon-Sook Hwang[1] and Hu-Jang Lee[2]*
[1]*Korean Association for Oral Disease Prevention and Department of Dental Hygiene, Hanyang Women's University*
[2]*Institute of Animal Medicine and College of Veterinary Medicine, Gyeongsang National University*

(Received March 16, 2022/Revised April 19, 2022/Accepted April 19, 2022)

ABSTRACT - A number of studies have been conducted to confirm the preventive effect of xylitol on dental caries as a whole or partial alternative to dietary sugars. This study reviewed the oral health effects of xylitol on the prevention mechanism of dental caries, the prevention of dental caries, the inhibition of mother-to-child transmission, and the beneficial effects on the oral health of the elderly based on previous studies on the oral health of xylitol. Carbohydrates and dietary sugars in food are fermented by acid-producing microorganisms in the mouth and produce dental plaque and acid, which cause dental caries. However, most dental decay-causing bacteria cannot produce acids by metabolizing xylitol. Xylitol, stored in cells as a non-metabolizable metabolite by *Streptococcus mutans* (*S. mutans*), affects bacterial glucose metabolism and inhibits bacterial growth. Xylitol consumption also reduces the amount of plaque and the population of *S. mutans* in both plaque and saliva. In addition, xylitol plays a role in the remineralization process. Xylitol has been confirmed to effectively prevent dental caries, inhibit mother-to-child transmission of *S. mutans*, and increase salivary flow in the elderly. In conclusion, xylitol is an adequate sugar substitute for dental health, from infants to the elderly. For future studies, the researchers recommend reviewing the effects of xylitol on the oral and intestinal microbial environment and the side effects of excessive intake.

Key words: Xylitol, Remineralization, Dental caries, *Streptococcus mutans*

최근, 경제적 발전과 의료기술의 발전과 함께, 건강에 대한 관심이 증가하면서, 우리나라의 기대수명은 2000년에 76세이었던 것이 2020년에 83.5세로 19년 동안에 7.3년이 늘어났으며[1], 건강수명 또한 2000년 67.4세에서 2019년 73.1세로 5.7년 정도 늘어났다[2]. 이와 같이, 건강수명의 연장은 한국인의 삶의 질이 양적인 측면뿐만 아니라 질적인 측면에서도 향상되고 있음을 의미한다[2].

*Correspondence to: Hu-Jang Lee, Institute of Animal Medicine and College of Veterinary Medicine, Gyeongsang National University, Jinju, 52828, Korea
Tel: +82-55-772-2352, Fax: +82-55-772-2308
E-mail: hujang@gnu.ac.kr

Copyright © The Korean Society of Food Hygiene and Safety. All rights reserved. The Journal of Food Hygiene and Safety is an Open-Access journal 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.

삶의 질과 관련된 다양한 요소 중 신체적 건강은 매우 중요한 요소이며, 이 중에서도 구강건강은 건강을 유지하기 위한 필수요건 중 하나로 적절한 영양섭취와 소화를 가능하게 하므로, 나이가 들수록 삶의 질에 영향을 미치게 되는 중요한 요인이다[3,4].

건강보건심사평가원의 2021년 다빈도질병통계 자료에 따르면, 외래 질병별 환자수가 가장 많았던 질병은 치은염 및 치주질환이었으며, 치아우식증은 4번째로 많았다고 보고하였다[5]. 이는, 만성질환의 유병률이 증가하는 성인기 이후 구강건강이 건강관련 삶의 질에 악영향을 미칠 수 있음을 의미하므로, 구강질환의 조기 발견 및 치료뿐 아니라, 건강한 구강상태를 지속하기 위한 구강건강증진이 필요하다[6].

과도한 당 섭취는 치아우식의 가장 주요한 위험요인이며, 비만, 당뇨, 심혈관계질환 등과 같은 만성질환의 위험요인이기도 하다[7,8]. 최근, 한국에서는 1인 가구 증가, 급

속한 노령화, 외식산업의 성장 등 사회경제적 여건변화로 식품소비에 있어서 외식의 비중과 가공식품 섭취가 증가하여, 총 식품섭취량의 68.1%가 가공식품인 것으로 나타났다[9]. 한국 식품의약품안전평가원의 제7기 (`16-`18) 국민건강영양조사 분석 자료에 따르면[10], 한국의 성인이 하루 식사를 통해 섭취하는 총 당류는 58.9 g이었으며, 이 중 가공식품이 36.4 g(총 당류의 61.8%)으로 가공식품을 통해 당류를 가장 많이 섭취한다고 보고하였다.

세계보건기구(WHO)는 아동과 성인의 당류(free sugar) 섭취를 총 섭취열량의 10% 미만으로 줄일 것을 권장하고 있으며, 하루에 5% 미만으로 줄이면 보다 많은 건강상 이점이 있을 것이라고 권고하였다[11]. 또한, 당이 함유된 식품 소비의 증가가 건강과 구강건강에 유해한 영향을 미칠 수 있다고 경고하였다[12]. 한국은 2021년 4월에 식품의약품안전처, 보건복지부, 농림축산식품부 합동으로 '한국인을 위한 식생활 지침'을 발표하면서 9가지 수칙을 제시하였다[13]. 특히, 유아·청소년의 당 섭취량이 WHO 권고기준(총 섭취열량의 10% 이하)을 초과하고 있어서 지속적인 관리 필요성을 제기하였다[13]. 많은 연구들에서[14-16], 구강건강을 위해 식품 중의 설탕 섭취를 줄이는 식이조절과 함께 설탕을 대체할 수 있는 비우식성 감미제의 섭취가 중요하다고 보고하였다.

치아우식증의 주 원인균인 *Streptococcus mutans* (*S. mutans*)는 섭취한 음식물 중의 탄수화물과 당을 분해함으로 당대사를 통해 유기산을 생성하고 치태 형성에 기여하는 불용성의 다당류를 합성한다[17]. 이 과정에서 생성된 유기산에 의해 치아 표면에 화학적 탈회가 일어나서 치아의 우식이 발생하는 것으로 알려져 있다[17,18].

따라서 치아우식증 예방을 위해 설탕을 대체할 수 있는 감미제에 대한 관심이 증가하면서, 자일리톨(xylitol), 솔비톨(sorbitol) 및 말티톨(maltitol)과 같은 대체 감미제에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다[19]. 특히, 많은 연구들에서[19-21], 치아우식증 예방에 자일리톨이 효과가 있는 것으로 보고되었다.

자일리톨은 의약품, 건강 보조 식품, 과자, 치약, 껌과 같은 제조 제품에서 설탕 대체제로 사용되고 있다[21]. 자일리톨은 천연의 당알코올계 오탄당 감미료로, 과거에는 자작나무나 옥수수, 귀리, 바나나, 몇몇 버섯 등을 가수분해시켜 자일로스를 추출하여 수소화 반응을 이용한 화학적 방법을 사용해 생산하였으나[18], 최근에는 추출한 자일로스를 화학적 공정 없이 *Candida tropicallis*와 같은 자일리톨 생산 미생물 균주를 이용하여 생산하고 있다[22]. 자일리톨은 체내에서 자당보다 더 천천히 흡수되며, 같은 질량의 자당과 같은 정도의 단맛이 나지만 칼로리는 자당의 60% 정도로 알려져 있다[23]. 또한, *S. mutans*는 자당, 포도당, 과당 등의 육탄당과는 달리 자일리톨을 발효시키지 못해 산의 생성이 불가능하므로 충치예방, 치아보호, 손상 치아표면 복원 등에 도움을 주는 것으로 알려져 있으며[24], 장기간 자일리톨을 사용하면 *S. mutans*의 효소 활성이 변화되는 것으로 보고되었다[25].

지금까지 자일리톨의 *S. mutans*에 대한 항균효과와 충치예방 효과에 관한 연구결과는 많이 나와 있으나, 자일리톨의 *S. mutans*에 대한 항균 및 충치 예방 기전과 영아에서부터 노인에 이르기까지 구강건강에 미치는 효능에 대한 종합적인 평가와 고찰은 많지 않다. 따라서 본 총설논문은 자일리톨에 관한 선행 연구논문들을 토대로 자일리톨의 *S. mutans*에 대한 항균 및 충치 예방 기전, 자일리톨의 충치예방 효과, 충치균의 모자감염 예방효과, 노인의 구강보건 효과 등에 대한 고찰을 하고, 이를 통해 구강건강 및 만성퇴행성질환의 예방에 활용할 수 있는 기초자료를 제공할 목적으로 작성되었다.

자일리톨의 치아우식증 예방 기전

Fig. 1은 음식을 통해 섭취한 탄수화물과 당에서 치아우식 유발과정과 자일리톨 섭취에 의한 재광화(remineralization) 과정을 나타낸 것이다.

탄수화물이나 당 함유 식품은 구강 내 *S. mutans*에 의해 발효되어 젖산, 초산, 프로피온산과 같은 유기산과 치태를 생성하게 된다[26,27]. 생성된 유기산은 치아 표면에서 칼슘과 인산염을 방출시켜 치아 우식을 유발한다[27].

*S. mutans*가 자일리톨을 섭취해도 산을 생성하지 못하는 무익회로(futile cycle)를 만든다[28,29]. *S. mutans*는 5탄당인 자일리톨(Fig. 2)을 당분으로 여겨 섭취하게 되는데, 섭취된 자일리톨은 인산화반응을 거치면서 산을 만들지 못하고 자일리톨 5인산으로 변환된다[30]. 변환된 자일리톨 5인산은 *S. mutans* 내에서 가수분해를 거쳐 무기인산염과

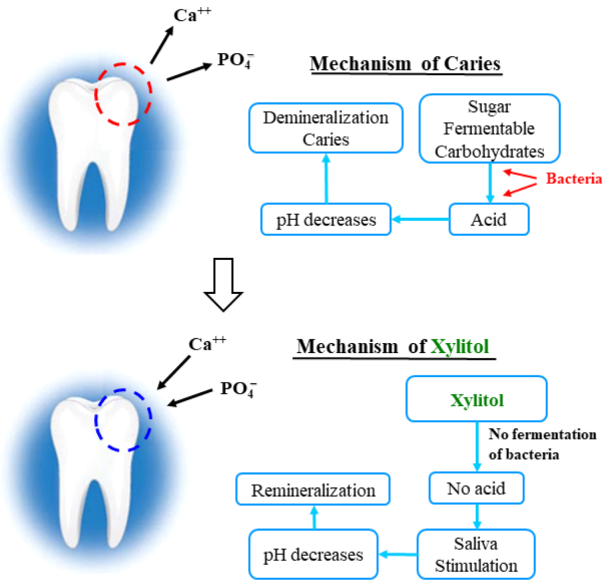

Fig. 1. Process of remineralization of teeth due to the consumption of xylitol[33,34].

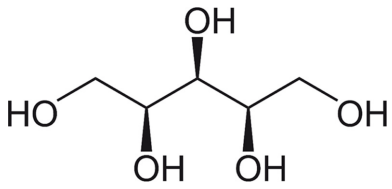

Fig. 2. Structure of xylitol[35].

자일리톨로 다시 분해되어 배출되므로서, *S. mutans*는 에너지를 획득하지 못하게 된다[30-32]. 배출된 자일리톨을 *S. mutans*는 다시 섭취하고 이러한 대사를 수차례 반복하면서 활동성이 떨어지게 된다[30]. 이로 인해, *S. mutans*에 의해서 만들어지는 치석이 감소하고, 산 생성을 방해하여 치아우식 발생을 감소시킨다[30,32]. 한편, 자일리톨은 타액분비 촉진 효과가 있어서 구강 내 산도를 중성화되면서 타액 속에 용해되어 있던 칼슘이 다시 법랑질과 결합하여 재광화를 시킨다[29,33,34].

치아우식증 예방 효과

충치 원인균 감소효과

어린이들에 있어서, 6개월 또는 1년 이상 자일리톨 껌을 씹은 경우에 치석에서 치아우식을 유발하는 세균인 *S. mutans*가 유의성 있게 감소하였다고 보고되었다[36-39]. 자일리톨 껌을 3주 동안 씹은 어린이들도 타액 중 *S. mutans*가 유의성 있게 감소하였다고 보고하였다[40]. 자일리톨의 섭취 기간과 양과 관계없이, 구강 내 *S. mutans*의 수 역시 치석이나 타액 내 *S. mutans* 농도가 상대적으로 높거나 치아우식증이 있거나 교정장치를 착용하여 치아우식증 위험이 높은 어린이들은 자일리톨의 섭취 기간과 양과 관계없이 구강 내 *S. mutans* 수가 감소하였다[41]. 성인들을 대상으로 한 연구에서, 다양한 연령대와 서로 다른 구강 상태에도 불구하고, 자일리톨 껌을 씹은 사람들은 기간과 관계없이 구강 내 *S. mutans*의 수가 유의하게 감소하였다고 보고하였다[42]. 또한, 자일리톨을 껌 이외의 식품 형태로 섭취한 연구에서도 *S. mutans*의 수가 통계적으로 유의성 있게 감소하였다고 보고하였다[43,44]. 미국의 Washington주에 있는 2개 초등학교에서, 154명의 학생들을 임의적으로 3개 군[1회 당 자일리톨 5.2 g 함유 젤리 섭취군(n=53), 1회 당 자일리톨 3.9 g 함유 젤리 섭취군(n=49), 1회 당 maltitol 14.9 g 함유 젤리 섭취군 (n=52)]으로 나누어, 하루에 3회씩 6주 동안 섭취시킨 결과, 모든 군에서 구강 내 *S. mutans*와 *Streptococcus sobrinus*가 섭취 전과 비교하여 통계적으로 유의성 있게 감소하였다고 보고하였다[43]. 페루에서, 유치원생에서 초등학교 5학년 학생들을 임의적으로 3개 군(자일리톨 4 g 함유 우유 100 mL를 하루에 2번씩 섭취시킨 군, 자일리톨 8 g 함유 우유 200 mL를 하루에 한 번씩 섭취시킨 군, 자당 8 g 함유 우유 200 mL를 하루에 한 번씩 섭취시킨 군)으로 나누어, 9개월 동안 섭취시킨 결과, 자일리톨 함유 우유를 섭취시킨 군들의 구강 내 *S. mutans* 수가 8 g의 자당 함유 우유를 섭취시킨 군과 비교하여 통계적으로 유의성 있게 감소하였다고 보고하였다[44].

치석 감소효과

Söderling 등의 연구에서, 1971부터 2020까지 건강한 사람들을 대상으로 진행된 논문들 중에서 자일리톨과 치석과의 상관성이 있는 16편의 논문을 분석한 결과, 자일리톨 껌을 이용한 14편의 연구논문 중 13편의 논문에서는 자일리톨이 치석형성을 감소시킨 것으로 보고하였으나, 자일리톨 함유 캔디를 이용한 3편의 연구논문에서는 자일리톨이 치석형성을 감소시키지 않았다고 보고하였다[45]. 치과대학생들을 대상으로 한 연구에서, 자일리톨(12.5%), 클로르헥시딘(0.12%), 클로르헥시딘(0.12%)+자일리톨(12.5%) 함유 구강청결제를 각각 사용하여 한 번에 10 mL씩으로 하루에 2번으로 3주 동안 사용하도록 한 결과, 자일리톨만 함유한 구강청결제를 사용한 군에서 치석지수가 다른 군들에 비해 통계적으로 유의성 있게 감소하였다고 보고하였다[46]. 또한, 스웨덴에서, 1학년부터 6 학년까지의 초등학생들을 대상으로 자일리톨 껌을 하루에 3번씩(자일리톨 총6.18 g/일) 4주 동안 섭취시킨 결과, 치석지수가 실험 시작 전과 비교하여 통계적으로 유의성 있게 감소하였다고 보고하였다[47]. 하지만, 인도에서 진행된 18-24세의 대학생 80명을 대상으로 자일리톨 껌과 솔비톨 껌을 하루에 3번씩 30일 동안 급여한 결과, 시험 초기의 치석지수와 비교하여, 자일리톨 껌과 솔비톨 껌을 섭취시킨 군 모두 통계적으로 유의한 차이가 없었다고 보고하였다[48]. 이것은 아마도 껌에 치석형성을 유의성 있게 저해할 수 있을 만큼의 자일리톨과 솔비톨 함량이 포함되지 않았기 때문에 다른 연구와 상이한 결과를 보였을 것으로 사료된다.

산 생성 감소효과

구강 내에서, 산생성 세균총이 알칼리생성 세균총보다 더 많이 형성될 경우에 치아의 에나멜 탈회와 치석의 낮은 pH를 초래하여, 치아우식이 발생하는 것으로 알려져 있다[49]. 자일리톨은 타액 분비를 촉진시켜 치아의 탈회를 감소시키고, 산생성균과 당 대사를 방해하여, 치면에 충치균의 부착능력을 감소시키는 것으로 보고되고 있다[50].

건강한 18-25세 치과대학생과 병원직원들을 대상으로 자일리톨 껌을 하루 세 번 식사 후, 15분간 섭취하도록 하여 14일 동안 실험을 수행한 결과, 자일리톨 껌을 섭취한 군(pH 0.758)은 섭취 전(pH 0.114)과 비교하여 타액의 pH가 통계적으로 유의성 있게 증가하였다고 보고하였다[51]. 그리고 치주질환이 없는 건강한 20-25세 성인들을 대상으로 자일리톨 껌(자일리톨 함량 15.36%)을 1분 동안 씹게

한 후, 60분 동안 치석을 채취하여 pH를 측정한 결과, 자일리톨 껌을 씹기 전과 비교하여 자일리톨 껌을 씹은 후 60분 동안에 치석의 pH가 통계적으로 유의성 있게 증가하였다고 보고하였다[52]. 30명의 어린이를 대상으로 한 실험에서, 자일리톨 껌을 10분 동안 씹게 한 후, 60분 동안 타액과 치석을 채취하여 pH를 측정한 결과, 자일리톨 껌을 씹기 전과 비교하여 자일리톨 껌을 씹은 후 60분 동안 타액과 치석의 pH가 통계적으로 유의성 있게 증가하였다고 보고하였다[53]. 초등학생들을 대상으로 자일리톨 껌을 하루에 3번씩 (자일리톨 총 6.18 g/일) 4주 동안 섭취시킨 결과, 실험 시작 전과 비교하여 타액 중 유산 생성이 통계적으로 유의성 있게 감소하였다고 보고하였다[38]. 하지만, 낮은 용량의 자일리톨을 이용한 연구들의 경우[54,55], 타액 중 유산 생성에 영향을 미치지 못했다는 보고도 있어, 자일리톨 함량이 일정 정도 이상이 되어야 구강 내 산도를 낮추는데 효과가 있는 것으로 사료된다.

충치균의 모자감염 예방 효과

치아우식증의 주요 원인균인 *S. mutans*는 아이의 유치가 대부분 나는 19-31개월 사이에 부모로부터 전이되어 영구적인 집락을 형성하는 것으로 알려져 있다[56]. 따라서 아이들의 치아우식증을 예방하기 위해서는 부모의 구강건강을 증진시키고 예방적 조처를 함으로써 *S. mutans*의 감염을 예방하는 것이 중요하다.

산모들을 대상으로 진행된 연구에서, 분만 후 3개월부터 자일리톨 껌(65% w/w)을 하루에 2-3회씩 13개월 동안 섭취시킨 후, 아이가 2살 되었을 때, 구강 내 *S. mutans*를 조사한 결과, 9.7%에서만 검출되었다고 보고하였다[57]. 또한 30명의 산모에게 자일리톨 껌을 하루에 3번 섭취하도록 하여 3개월 동안 진행한 결과, 18개월 후 어린아이의 타액에서 *S. mutans* 검출비율이 불소 구강세정제를 사용한 대조군과 비교하여 통계적으로 유의성 있게 감소하였다고 보고하였다[58]. 타액과 치석에서의 *S. mutans*와 관련된 논문들에 대한 메타-분석 결과, 산모가 자일리톨을 섭취한 경우에 무섭취 대조군과 비교하여 타액과 치석에서의 *S. mutans* 검출이 통계적으로 유의성 있게 감소하였다고 보고하였다[59]. 그리고 자녀가 있는 엄마들을 대상으로 수행된 연구에서 자일리톨 껌(자일리톨 1.8 g/일)을 씹는 것이 어린이에게 *S. mutans* 전달을 감소시켜 어린이의 구강 내 *S. mutans* 지수가 낮아졌으며, 치아우식증 발생률도 대조군과 비교하여 6배 이상 감소시킨 것으로 밝혀졌다[60,61]. 한편, 산모들을 대상으로 한 연구에서, 산모들에게 출산 2개월 후부터 24개월 동안 하루 3회, 식후 5분 동안 자일리톨 껌(1.3 g 자일리톨/껌, 7.8 g 자일리톨/하루) 2개씩을 씹도록 한 결과, 30개월 아이의 구강 내에서 *S. mutans* 검출율이 자일리톨 섭취군과 대조군 사이에 유의한 차이가 없었다고 보고하였다[62].

노인 구강보건 효과

노인들에서 결손치와 만성 치주질환은 저작기능 감소 및 영양섭취 저하로 인해 전신건강에 악영향을 미칠 수 있어서 노인들의 구강건강은 삶의 질과 밀접한 관련이 있다[63,64]. 노인들의 구강건강에 영향을 미치는 주요 요소들로는 타액의 양, 타액 분비율, pH, 구강 내 세균 등으로, 이 중에서도 타액 분비가 가장 주용한 요인이라고 할 수 있다[63]. 노화와 함께 타액 분비선의 위축으로 타액 분비량이 감소됨에 따라 구강 내 타액의 자정능력과 면역능력의 감소로 인해 구강건조증과 같은 구강질환이 발생하는 것으로 알려져 있다[64].

노인들의 경우, 단순히 껌을 씹는 것만으로도 타액 분비와 교합력이 증가하는 것으로 보고되고 있다[65-67]. 12개 요양원의 노인들을 대상한 연구에서, 부드러운 껌과 딱딱한 껌을 각각 2주 동안 씹도록 한 결과, 타액 분비량이 증가하였으며, 딱딱한 껌을 씹은 경우에는 교합력이 더 높아졌다고 보고하였다[65]. 자택에서 거주하는 노인들 80명을 대상으로 한 연구에서, 자일리톨 껌(XLT, 자일리톨 함량 288.73 mg/껌) 섭취군(n=37, 평균연령: 84.9±7.7세)과 클로르헥시딘+자일리톨 껌(CHX, 5.33 mg+286.86 mg/껌) 섭취군(n=43, 평균연령: 82.7±9.6세)에 아침과 저녁 식사 후 1개씩 15분 동안 씹도록 하여 12개월 동안 수행한 결과, XLT와 CHX 모두 치석지수와 치주지수(gingival index)가 껌을 씹기 전과 비교하여 통계적으로 유의성 있게 개선되었다고 보고하였다[66]. 그리고 취업알선센터에 등록한 60세 이상 노인들을 대상으로 한 연구에서, 자일리톨 껌(자일리톨 함량 2.60 g/개)을 아침과 저녁 식사 후 20분 동안 저작하도록 하여 4주 동안 실험을 진행한 결과, 타액분비율, 타액의 pH, 구강불편감 등이 자일리톨 껌 저작 전과 비교하여 통계적으로 유의성 있게 개선되었다고 보고하였다[67]. 또한, 자일리톨을 함유한 구강청결제와 구강세정제를 사용한 경우에 노인들의 구강건조증이 개선되었다는 연구들도 보고되었다[68-70].

Conclusion

다양한 선행 연구들을 통해, 자일리톨은 설탕과 유사한 감미도를 가지지만, 구강 내 세균들에 의해 발효가 되지 않아 산을 생성하지 않으며, *S. mutans* 등 치아우식 원인균의 구강 내 성장을 저해하며, 타액 분비를 촉진해 치아우식을 예방할 뿐만 아니라 재광화를 위한 구강 내 조건을 형성시키는 것으로 보고되었다.

자일리톨이 구강 내에서 효과를 발휘하기 위해서는, 자일리톨의 섭취 기간과 섭취량이 중요한 것으로 나타났다. 자일리톨을 이용한 많은 연구에서, 자일리톨이 가능한 한 장시간 구강 내에 머무르게 하기 위해서, 껌의 형태로 섭취하는 방법을 사용하였는데, 이는 껌의 저작을 통

해 타액 분비의 촉진으로 자일리톨의 효능이 배가될 수 있었던 것으로 사료된다. 많은 연구에서, 자일리톨 섭취 시기를 식후로 설정하였던 점으로 보아, 식후에 자일리톨을 섭취하는 것이 구강 내 산의 생성과 치태 형성을 막는데 효과적인 것으로 사료된다. 또한, 비록 자일리톨 섭취 기간에 차이가 있었지만, 6개월 이상 섭취한 경우에서 자일리톨이 치아우식증과 관련된 요인들을 효과적으로 제어하였다. 따라서 구강건강을 위해, 자일리톨 함량이 일정 이상 높은 껌을 식후에 습관적으로 씹는 것이 충치균의 모자감염 예방, 치아우식증 예방, 치석형성 저감, 구강건조증 완화 등에 효과를 나타낼 수 있을 것으로 사료된다.

국문요약

현재까지, 식이 당의 전체적 또는 부분적 대체당으로서 자일리톨의 치아우식증에 대한 예방 효과를 확인하기 위해 많은 연구가 수행되었다. 본 총설논문에서는 자일리톨의 구강건강에 대한 기존 연구들을 바탕으로 자일리톨의 치아우식증 예방 기전, 치아우식증 예방, 치아우식증 유발균의 모자전염 예방, 노인의 구강건강에 미치는 영향 등이 정리되었다. 식품에 함유된 탄수화물 및 식이 당은 구강 내에서 산을 생성하는 미생물에 의해 발효되어 치석 및 산을 생성하여 치아우식증을 일으킨다. 그러나 충치를 일으키는 세균 대부분은 자일리톨을 대사하여 산을 만들어 낼 수 없다. *Streptococcus mutans* (*S. mutans*)에 의한 비대사성 대사물로서 세포 내에 축적된 자일리톨은 *S. mutans*의 성장을 억제하고 치석 형성을 억제하여 치석과 타액 중 *S. mutans* 수를 감소시킨다. 또한, 자일리톨은 치아의 재광화(remineralization) 과정에 작용한다. 자일리톨은 치아우식증 예방, *S. mutans*의 모자감염 예방, 노인의 충치예방 및 타액분비 증가에 효과가 있는 것으로 확인되었다. 결론적으로, 자일리톨은 남녀노소 구분 없이 구강건강에 효과적이며 쉽게 섭취할 수 있는 장점이 있다. 향후, 자일리톨의 과량섭취에 따른 부작용과 구강 및 장내 환경에 미치는 전반적인 영향에 대한 보다 정확하고 상세한 검토가 필요하다.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflict of interest.

ORCID

Hu-Jang Lee https://orcid.org/0000000275526416
Yoon-Sook Hwang https://orcid.org/0000000160954867

References

1. Statistics Korea, (2021, December 2). Statistics Korea government official work conference: National quality of life index – Life expectancy at birth. Retrieved from https://www.index.go.kr/unify/idx-info.do?idxCd=8016
2. Statistics Korea, (2021, January 8). Statistics Korea government official work conference: National development index – Health life expectancy. Retrieved from http://www.index.go.kr/unify/idx-info.do?idxCd=5067
3. Kim, M.K., Tak, Y.J., Kang, G.W., Hong, J.Y., Factors of individual and community levels affecting health-related quality of life. *J. Korean Data Anal. Soc.*, **19**, 1025-1037 (2017).
4. Kim, Y.H., Lee, J.H., The relationship of quality of health-related life with the status of oral health in adults. *J. Korean Acad. Oral Health*, **40**, 165-170 (2016).
5. Health Insurance Review & Assessment Service, (2021, November 1). Healthcare Bigdata Hub - multiple-frequency diseases statistics. Retrieved from http://opendata.hira.or.kr/op/opc/olapHifrqSickInfo.do#none
6. Lee, S.H., Shin, B.M., Song, G.I., Shin, S.J., Bae, S.M., Association between sugary snacking habits and oral disease in Korean adults. *J. Korean Soc. Dent. Hyg.*, **20**, 29-39 (2020).
7. Moynihan, P., Sugars and dental caries: Evidence for setting a recommended threshold for intake. *Adv. Nutr.*, **7**, 149-56 (2016).
8. Rippe, J.M., Angelopoulosm T.J., Relationship between added sugars consumption and chronic disease risk factors: current understanding. *Nutrients*, **8**, 697 (2016).
9. Ha, A.W., Kim, W.K., The food and nutrient intakes from daily processed food in Korean adults: based on the 6th Korea National Health and Nutrition Examination Survey data (2013-2015). *J. Nutr. Health*, **52**, 422-434 (2019).
10. National Institute of Food and Drug Safety Evaluation, (2021, January 27). Press release - Need attention because children and adolescents consume a lot of sugar per day. Retrieved from http://www.nifds.go.kr/brd/m_21/view.do?seq=12928
11. Ha, K., Joung, H., Song, Y.J., Intake of dietary sugar and its influence on chronic disease in the korean population. *Food Sci. Ind.*, **49**, 1-11 (2016).
12. World Health Organization, (2015, March 4). WHO calls on countries to reduce sugars intake among adults and children. Retrieved from https://www.who.int/news/item/04-03-2015-who-calls-on-countries-to-reduce-sugars-intake-among-adults-and-children
13. Ministry of Health and Welfare, (2021, April 14). Press release – Practice healthy eating! The government announces 'Dietary Guidelines for Koreans'. Retrieved from http://www.mohw.go.kr/react/al/sal0301vw.jsp?PAR_MENU_ID=04&MENU_ID=0403&page=1&CONT_SEQ=365279
14. Gupta, M., Sugar Substitutes: Mechanism, availability, current use and safety concerns-An update. *Open Access Maced. J. Med. Sci.*, **6**, 1888-1894 (2018).

15. Roberts, M.W., Wright, J.T., Nonnutritive, low caloric substitutes for food sugars: clinical implications for addressing the incidence of dental caries and overweight/obesity. *Int. J. Dent.*, **2012**, 625701 (2012).
16. Durso, S.C., Vieiram L,M,, Cruzm J.N., Azevedo, C.S., Rodrigues, P.H., Simionato, M.R., Sucrose substitutes affect the cariogenic potential of *Streptococcus mutans* biofilms. *Caries Res.*, **48**, 214-222 (2014).
17. Forssten, S.D., Björklund, M., Ouwehand, A.C., *Streptococcus mutans*, caries and simulation models. *Nutrients*, **2**, 290-298 (2010).
18. Park, J.H., Ahn, S.H., Gu, H.J., Choi, Y.H., Song, K.B., Inhibitory effects on colonization of *Streptococcus mutans* by eighteen months xylitol consumption. *JKAIS*, **11**, 375-382 (2010).
19. Janket, S.J., Benwait, J., Isaac, P., Ackerson, L.K., Meurman, J.H., Oral and systemic effects of xylitol consumption. *Caries Res.*, **53**, 491-501 (2019).
20. Duane, B., Xylitol and caries prevention. *Evid. Based Dent.*, **16**, 37-38 (2015).
21. Riley, P., Moore, D., Ahmed, F., Sharif, M.O., Worthington, H.V., Xylitol-containing products for preventing dental caries in children and adults. *Cochrane Database Syst. Rev.*, **26**, CD010743 (2015).
22. Ahmad, I., Shim, W.Y., Jeon, W.Y., Yoon, B.H., Kim, J.H., Enhancement of xylitol production in *Candida tropicalis* by co-expression of two genes involved in pentose phosphate pathway. *Bioprocess Biosyst. Eng.*, **35**, 199-204 (2012).
23. Petković, M., 2019. Alternatives for sugar replacement in food technology: Formulating and processing key aspects. In: Coldea, T.E. (Ed), Food Engineering. IntechOpen, London, UK, pp. 1-22.
24. Cannon, M.L., Merchant, M., Kabat, W., Catherine, L., White, K., Unruh, B., Ramones, A., In vitro studies of xylitol and erythritol inhibition of *Streptococcus mutans* and *Streptococcus sobrinus* growth and biofilm production. *J. Clin. Pediatr. Dent.*, **44**, 307-314 (2020).
25. Lee, Y.E., Choi, Y.H., Jeong, S.H., Kim, H.S., Lee, S.H., Song, K.B., Morphological changes in *Streptococcus mutans* after chewing gum containing xylitol for twelve months. *Curr. Microbiol.*, **58**, 332-337 (2009).
26. Kim, H.D., An evaluation in changes of pH and dental caries activity in oral cavity due to dairy products. *J. Korean Oral Health Sci*., **5**, 8-15 (2017).
27. de Siqueira Fraga, E.G., Teófilo Campos, F.M., da Silva Cavalcante, M.P., Barbosa Martins, L.F., Rodrigues Neto, E.M., Jenné Mimica, M., Xylitol, a promising allied for oral heath. *J. Young Pharm*., **12**, 197-200 (2020).
28. Assev, S., Rölla, G., Further studies in the growth inhibition of *Streptococcus mutans* OMZ176 by xylitol. *Acta Pathol. Microbiol. Immunol. Scand.*, **94**, 97-102 (1986).
29. Im, S.U., Ahn, S.H., Song, K.B., Comparison of virulence in xylitol-sensitive and –resistant *Streptococcus mutans* to different concentrations of xylitol. *J. Dent. Hyg. Sci.*, **11**, 411-416 (2011).
30. Shin, K.H., Ahn, Y.S., A review of effect and how to use xylitol. *J. Korean Soc. Dent. Hyg.*, **10**, 1095-1105 (2010).
31. Van Loveren, C., Sugar alcohols: what is the evidence for caries-preventive and caries-therapeutic effects? *Caries Res*., **38**, 286-293 (2004).
32. Marttinen, A.M., Ruas-Madiedo, P., Hidalgo-Cantabrana, C., Saari, M.A., Ihalin, R.A., Söderling, E.M., Effects of xylitol on xylitol-sensitive versus xylitol-resistant *Streptococcus mutans* strains in a three-species in vitro biofilm. *Curr. Microbiol.*, **65**, 237-243 (2012).
33. Murthykumar, K., The impact of milk with xylitol on dental caries. *J. Pharm. Sci. Res.*, **5**, 178-180 (2013).
34. Nayak, P.A., Nayak, U.A., Khandelwal, V., The effect of xylitol on dental caries and oral flora. *Clin. Cosmet. Investig. Dent.*, **6**, 89-94 (2014).
35. Ahuja, V., Macho, M., Ewe, D., Singh, M., Saha, S., Saurav, K., Biological and pharmacological potential of xylitol: A molecular insight of unique metabolism. *Foods*. **9**, 1592 (2020).
36. Han, S.K., Choi, Y.H., Son, E.Y., Song, K.B., Kim, Y.G., Nam, S.H., Prevention of dental caries gum in pre-school children during 12-months. *J. Korean Acad. Pediatr. Dent.*, 31, 159-168 (2004).
37. Holgerson, P.L., Sjöström, I., Twetman, S., Decreased salivary uptake of [14C]-xylitol after a four-week xylitol chewing gum regimen. *Oral Health Prev. Dent.*, **5**, 313-319 (2007).
38. Mäkinen, K.K., Isotupa, K.P., Mäkinen, P.L., Söderling, E., Song, K.B., Nam, S.H., Jeong, S.H., Six-month polyol chewing-gum programme in kindergarten-age children: a feasibility study and dental plaque. *Int. Dent. J.*, **55**, 81-88 (2005).
39. Mäkinen, K.K., Alanen, P., Isokangas, P., Isotupa, K., Söderling, E., Mäkinen, P.L., Wenhui, W., Weijian, W., Xiaochi, C., Yi, W., Boxue, Z., Thirty- nine-month xylitol chewing-gum programme in initially 8-year-old school children: a feasibility study focusing on *mutans streptococci* and *lactobacilli*. *Int. Dent. J.*, **58**, 41-50 (2008).
40. Chavan, S., Lakashminarayan, N., kemparaj, U., Effect of chewing xylitol containing and herbal chewing gums on salivary *mutans streptococcus* count among school children. *Int. J. Prev. Med.*, **6**, 44 (2015).
41. Lee, Y.E., Kim, J.H., Cho, M.J., Song, K.B., Choi, Y.H., Effect of xylitol on dental caries prevention: a literature review. *J. Korean Soc. Dent. Hyg.*, **19**, 449-465 (2019).
42. Milgrom, P., Ly, K.A., Roberts, M.E., Rothen, M., Mueller, G., Yamaguchi, D.K., *Mutans streptococci* dose response to xylitol chewing gum. *J. Dent. Res*., **8**, 177-181 (2006).
43. Ly, K.A., Riedy, C.A., Milgrom, P., Rothen, M., Roberts, M.C., Zhou, L., Xylitol gummy bear snacks: a school-based randomized clinical trial. *BMC Oral Health*, **8**, 20 (2008).
44. Chi, D.L., Zegarra, G., Vasquez Huerta E.C., Castillo, J.L., Milgrom, P., Roberts, M.C., Cabrera-Matta, A.R., Merino, A.P., Milk sweetened with xylitol: A proof-of-principle caries prevention randomized clinical trial. *J. Dent. Child. (Chic)*, **83**, 152-160 (2016).

45. Söderling, E., Pienihäkkinen, K., Effects of xylitol chewing gum and candies on the accumulation of dental plaque: a systematic review. *Clin. Oral Investig.*, **26**, 119-129 (2022).
46. Marya, C.M., Taneja, P., Nagpal, R., Marya, V., Oberoi, S.S., Arora, D., Efficacy of chlorhexidine, xylitol, and chlorhexidine + xylitol against dental plaque, gingivitis, and salivary *Streptococcus mutans* load: A randomised controlled trial. *Oral Health Prev. Dent.*, **15**, 529-536 (2017).
47. Holgerson, P.L., Sjöström, I., Stecksén-Blicks, C., Twetman, S., Dental plaque formation and salivary mutans streptococci in schoolchildren after use of xylitol-containing chewing gum. *Int. J. Paediatr. Dent.*, **17**, 79-85 (2007).
48. Oza, S., Patel, K., Bhosale, S., Mitra, R., Gupta, R., Choudhary, D., To determine the effect of chewing gum containing xylitol and sorbitol on *Mutans Streptococci* and *Lactobacilli* count in saliva, plaque, and gingival health and to compare the efficacy of chewing gums. *J. Int. Soc. Prev. Community Dent.*, **8**, 354-360 (2018).
49. Burne, R.A., Marquis, R.E., Alkali production by oral bacteria and protection against dental caries. *FEMS Microbiol. Lett.*, **193**, 1-6 (2000).
50. Lee, S.H., Sakong, J. The effects of xylitol and sorbitol mouth rinse on caries activity. *J. Korean Soc. Dent. Hyg.*, **15**, 311-317 (2015).
51. Padminee, K., Poorni, S., Diana, D., Duraivel, D., Srinivasan, M.R., Effectiveness of casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate and xylitol chewing gums on salivary pH, buffer capacity, and *Streptococcus mutans* levels: An interventional study. *Indian J. Dent. Res.*, **29**, 616-621 (2018).
52. Gul, P., Akgul, N., Seven, N., Anticariogenic potential of white cheese, xylitol chewing gum, and black tea. *Eur. J. Dent.*, **12**, 199-203 (2018).
53. Kumar, S., Sogi, S.H., Indushekar, K.R., Comparative evaluation of the effects of xylitol and sugar-free chewing gums on salivary and dental plaque pH in children. *J. Indian Soc. Pedod. Prev. Dent.*, **31**, 240-244 (2013).
54. Stecksén-Blicks, C., Holgerson, P.L., Olsson, M., Bylund, B., Sjöström, I., Sköld-Larsson, K., Kalfas, S., Twetman, S., Effect of xylitol on *Mutans streptococci* and lactic acid formation in saliva and plaque from adolescents and young adults with fixed orthodontic appliances. *Eur. J. Oral Sci*., **112**, 244-248 (2004).
55. Biria, M., Eslami, G., Taghipour, E., Akbarzadeh Baghban, A., Effects of three mastic gums on the number of *Mutans streptococci*, *Lactobacilli* and pH of the saliva. *J. Dent.*, **11**, 672-679 (2014).
56. Song, K.B., Kim, J.H., Lee, Y.E., Prevention of mother-to-child transmission of Streptococcus mutans. *JKDA*, **48**, 436-442 (2010).
57. Söderling, E., Isokangas, P., Pienihäkkinen, K., Tenovuo, J., Influence of maternal xylitol consumption on acquisition of mutans streptococci by infants. *J. Dent. Res.*, **79**, 882-887 (2000).
58. Alamoudi, N.M., Hanno, A.G., Sabbagh, H.J., Masoud, M.I., Almushayt, A.S., El Derwi, D.A., Impact of maternal xylitol consumption on *Mutans streptococci*, plaque and caries levels in children. *J. Clin. Pediatr. Dent.*, **37**, 163-166 (2012).
59. Lin, H.K., Fang, C.E., Huang, M.S., Cheng, H.C., Huang, T.W., Chang, H.T., Tam, K.W., Effect of maternal use of chewing gums containing xylitol on transmission of mutans streptococci in children: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Int. J. Paediatr. Dent.*, **26**, 35-44 (2016).
60. Hanno, A.G., Alamoudi, N.M., Almushayt, A.S., Masoud, M.I., Sabbagh, H.J., Farsi, N.M., Effect of xylitol on dental caries and salivary *Streptococcus mutans* levels among a group of mother-child pairs. *J. Clin. Pediatr. Dent.*, **36**, 25-30 (2011).
61. Laitala, M.L., Alanen, P., Isokangas, P., Söderling, E., Pienihäkkinen, K., Long-term effects of maternal prevention on children's dental decay and need for restorative treatment. *Community Dent. Oral Epidemiol.*, **41**, 534-540 (2013).
62. Kim, J.H., Lee, Y.E., Park, D.O., Ahn, S.H., Choi, Y.H., Song, K.B., Effect of maternal use of gums containing xylitol on the characteristics of *Streptococcus mutans* in children. *J. Korean Acad. Oral Health*, **34**, 465-472 (2010).
63. Shim, Y.S., An, S.Y., Park, S.Y., The effect of health risk factors on the remaining teeth of the elderly in day care center. *Korean J.. Heal. Serv. Manag.*, **11**, 81-91 (2017).
64. Roh, J.Y., Kim, K.R., Antimicrobial activity of Korean propolis extracts on oral pathogenic microorganisms. *J. Dent. Hyg. Sci.*, **18**, 18-23 (2018).
65. Nakagawa, K., Matsuo, K., Takagi, D., Morita, Y., Ooka, T., Hironaka, S., Mukai, Y., Effects of gum chewing exercises on saliva secretion and occlusal force in community-dwelling elderly individuals: A pilot study. *Geriatr. Gerontol. Int.*, **17**, 48-53 (2017).
66. Simons, D., Brailsford, S., Kidd, E.A., Beighton, D., The effect of chlorhexidine acetate/xylitol chewing gum on the plaque and gingival indices of elderly occupants in residential homes. *J. Clin. Periodontol.*, **28**, 1010-1015 (2001).
67. Baik, S.H., The effects of xylitol and sorbitol on oral health and xerostomia in Korean elderly. *J. Korean Gerontol. Nurs*., **7**, 88-103 (2005).
68. Yuan, J., Tohara, H., Mikushi, S., Hoshino, T., Yue, B., Uematsu, H., The effect of "Oral Wet" for elderly people with xerostomia - the effect of oral rinse containing hialuronan. *Kokubyo Gakkai Zasshi*., **72**, 106-110 (2005).
69. Ship, J.A., McCutcheon, J.A., Spivakovsky, S., Kerr, A.R., Safety and effectiveness of topical dry mouth products containing olive oil, betaine, and xylitol in reducing xerostomia for polypharmacy-induced dry mouth. *J. Oral Rehabil.*, **34**, 724-732 (2007).
70. Morales-Bozo, I., Rojas, G., Ortega-Pinto, A., Espinoza, I., Soto, L., Plaza, A., Lozano, C., Urzúa, B., Evaluation of the efficacy of two mouthrinses formulated for the relief of xerostomia of diverse origin in adult subjects. *Gerodontology*, **29**, e1103-1112 (2012).