Korean Journal of Clinical Dental Hygiene

Original Article

일부 제로슈거 탄산음료 섭취 후 구강 내 pH 및 포도당 변화

김소희, 설수민, 권도희, 여은지, 김영석*
경북대학교 치위생학과

Changes in the Oral Environment according to Consumption of Some Zero-sugar Carbonated Beverages

Received: January 07, 2025
Revised: March 15, 2025
Accepted: March 17, 2025

So-Hui Kim, Su-Min Seol, Do-Hui Gwon, Eun-Ji Yeo, Young-Seok Kim*
Department of Dental Hygiene, Kyungpook National University, Sangju, 37224, Korea

***Corresponding Author:** 김영석, (37224) 경상북도 상주시 경상대로 2559 경북대학교 상주캠퍼스 치위생학과, Tel: (054) 530-1424, Fax: (054) 530-1429, E-mail: young1224@knu.ac.kr

Abstract

Objective: This study aimed to compare regular carbonated beverages with zero-sugar carbonated beverages and analyze the changes in oral pH and residual glucose concentration after consumption to determine whether zero-sugar carbonated beverages contribute to tooth erosion. **Methods:** The pH and titratable acidity of Pepsi and Zero Pepsi were measured. Changes in oral pH and residual glucose levels were measured after consumption of each beverage in a crossover study involving 13 participants. **Results:** The pH of Pepsi was 2.62±0.01 and the pH of Zero Pepsi was 3.34±0.03. Zero Pepsi did not induce changes in oral pH, but Pepsi caused a rapid decrease in oral pH immediately after consumption, with recovery occurring after 20 min (P<0.05). The oral glucose retention test indicated that Zero Pepsi did not alter residual glucose before and after consumption, but Pepsi rapidly increased the residual glucose immediately after consumption with recovery occurring after 12 min (P<0.05). **Conclusions:** Although the risk of tooth erosion from Zero Pepsi is low, caution is needed due to its low pH and titratable acidity. Excessive or long-term consumption may still contribute to tooth erosion.

Key words: Artificial sweeteners, Glucose, Tooth erosion, Zero-sugar soft drinks

색 인: 대체감미료, 포도당, 치아부식, 제로탄산음료

Copyright © 2025 by Korean Journal of Clinical Dental Hygiene. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0)

1. 서론

최근 건강에 대한 관심 증가와 설탕세 도입 등의 영향으로 소비자들은 기존의 설탕 함유 탄산음료보다 제로슈거 탄산음료를 선호하는 경향을 보이고 있다. 이에 따라 음료 제조업체들은 설탕 대신 인공감미료를 사용한 제품을 적극적으로 개발하고 있으며, 제로슈거 탄산음료의 시장 점유율도 꾸준히 증가하고 있다(1). 인공감미료는 칼로리가 거의 없으면서도 강한 단맛을 제공하여 설탕의 부정적 영향을 줄일 수 있다는 장점이 있으며, 특히 구강 내의 세균들의 산 생성을 억제하기 때문에 치아우식 예방에도 효과가 있다고 보고되었다(2).

하지만 이러한 탄산음료가 치아에 미칠 수 있는 영향은 치아우식 뿐만 아니라 치아 부식도 있을 수 있다. 치아 부식은 박테리아가 개입되지 않은 화학적 과정에 의해 치아 조직의 미네랄이 손실되는 현상으로 정의된다(3). 법랑질은 pH 5.5, 상아질은 pH 6.8 이하에서 용해될 수 있으며, 이 값을 임계 pH로 간주한다(4, 5). 시중에서 흔히 접할 수 있는 탄산음료, 과일 주스 및 향이 첨가된 미네랄 워터 등의 음료는 대부분 pH가 낮아 치아 부식을 유발할 가능성이 높다(6, 7). 이러한 음료에는 다양한 산이 포함될 수 있으며, 대표적으로 탄산음료에는 이산화탄소로 형성된 탄산뿐만 아니라 인산, 구연산, 사과산, 타르타르산 등과 같은 다양한 유기산이 첨가되어 음료의 산도를 유지한다(8-10). 미국에서 판매되는 다양한 음료수의 pH를 조사했을 때 대부분의 탄산음료는 설탕의 여부와 상관없이 pH 4 이하의 산성으로 나타나 극도의 부식성이나 부식성으로 분류하였다(11). 음료의 pH와 함께 적정산도 역시 음료가 구강 내에서 낮은 pH를 유지하는 능력을 의미하는데, 이는 실제로 치아표면과 상호작용할 수 있는 수소이온의 실제 양을 의미하기 때문에 치아 부식 가능성을 평가하는데 있어 보다 중요한 지표로 여겨지고 있다(12). 따라서 장기간 섭취할 경우 치아 부식 위험을 초래할 가능성이 있으나 실제 구강 내 환경에서 어떤 변화를 유발하는지에 대한 연구는 부족한 실정이다.

본 연구에서는 일반 탄산음료와 제로슈거 탄산음료를 비교하여 섭취 후 구강 내 pH 변화 및 잔류 포도당 농도를 분석하여, 제로슈거 탄산음료가 치아 부식에 영향을 미칠 수 있는지 확인해보고자 한다.

2. 연구대상 및 방법

2.1. 연구 대상자 선정

탄산음료의 구강 내 부식위험도를 평가하기 위해서 구강 내 우식이 없고 연구 참여에 동의한 성인 13명을 선정하였다. 이는 유사한 선행연구에서 시행한 대상자 수를 참고하여 결정하였다(13). 이 연구는 00대학교 생명윤리심의위원회(IRB No. 2024-0354)로부터 연구 승인을 받은 뒤 실시하였다.

2.2. 대상자 연구 방법

연구는 2024년 9월 23일부터 2024년 10월 10일까지 시행하였으며, 총 2회로 나누어 실험을 진행하였다. 모든 실험 전에 대상자에게 혓솔질과 칫솔질을 시행해주어 똑같이 시행하여 최대한 실험 전 구강상태를 동일하게 맞출 수 있도록 하였다. 실험음료는 Google trend에서 가장 많이 언급되는 것으로 나타난 펩시음료와 제로펩시음료를 이용하였다. 1회차에는 실험대상자 13명 모두에게 일반 펩시음료 100 ml를 섭취하도록 하였고, 2일간의 Wash out 기간을 거친 뒤에 2회차 실험때는 13명 모두에게 제로펩시음료 100 ml를 섭취하는 교차설계로 실험을 진행하였다.

2.3. 음료의 pH와 적정산도 평가

실험 음료의 pH를 평가하기 위하여 각각의 실험음료 20 ml를 Conical tube에 옮겨 담은 뒤 pH meter (Orion Star A211, Thermo Scientific, MA, USA)를 이용하여 pH를 측정하였다. pH는 3번 반복측정하여 평균을 비교하였다. 또한 음료의 적

정산도를 확인하기 위하여 0.1 M NaOH 용액을 100 μℓ씩 음료에서 순차적으로 첨가하면서 pH 5.5가 될 때까지 사용된 양을 계산하였다. 적정산도 역시 3번 반복 측정한 뒤 평균을 비교하였다.

2.4. 구강 내 pH 변화 검사

탄산음료 섭취 후 구강 내 pH의 변화를 확인하기 위하여 리트머스 스틱(ACUBA, Precision laboratories, AZ, USA)을 사용하였다. 측정시기는 음료 섭취 전, 섭취 3분 후, 7분 후, 20분 후까지 총 4회를 측정하였으며, 각 시기마다 혀에 리트머스 스틱을 15초간 접촉한 직후 나타난 색상을 비색법으로 판단하여 구강 내 pH 변화를 기록하였다.

2.5. 구강 내 잔류 포도당검사

탄산음료 섭취 후 구강 내 잔류 포도당 검사를 확인하기 위하여 포도당 검출이 가능한 뇨검사지(CYBOW, DFI, Kyungnam, Korea)를 이용하였다. 측정시기는 음료 섭취 전, 음료 섭취 직후와 3분 간격으로 27분까지 총 11회씩 측정하였다. 측정 오차를 줄이기 위해 검사지를 만들어 1회 모의평가를 실시한 후 측정하였다. 또한 모든 대상자의 26번 치아 협측 부위의 타액을 면봉으로 채취하여 뇨검사지에 적용하여 나타나는 색을 비색법으로 확인하여 잔류 포도당을 추정하였다.

2.6. 통계분석

실험 음료간의 평균 pH와 적정산도의 비교하기 위해 One-way ANOVA와 Tukey 사후검정을 시행하였다. 시간에 따른 구강 내 pH 변화와 잔류포도당 변화를 비교하기 위하여 반복측정 분산분석(Repeated measured ANOVA)를 시행하였으며, 이후 어떤 시기에 pH와 잔류포도당이 유의한 차이가 있는지 확인하기 위하여 추가적으로 One-way ANOVA와 Tukey 사후검정을 시행하였다. 또한 각 시기 별 음료에 따라 pH와 잔류포도당이 유의한 차이가 있는지 확인하기 위하여 Independent t-test를 시행하였다. 유의수준은 $P<0.05$로 하였고 통계 분석은 SPSS (Statistical Packages for Social Science, Ver. 27.0, Chicago, IL, USA) 통계 프로그램을 사용하였다.

3. 연구결과

3.1. 실험음료의 주요성분

일반 펩시는 단맛을 내기 위해 설탕을 사용한 반면, 제로 펩시는 아스파탐, 슈크랄로스, 아세설팜칼륨을 첨가하였다. 또한 제로 펩시에는 향미를 위한 레몬 라임향이 첨가되었다. 그 외에 인산, 구연산, 이산화탄소, 정제수 등이 포함되어 있었다 (Table 1).

Table 1. Main ingredients of experimental beverages

Groups	Brand name	Manufacturer	Sweetener ingredient	Flavor	Other ingredients
Pepsi	Chilsung pepsi cola	Lotte Chilsung Korea	Sucrose	-	Phosphoric acid, dioxide
Pepsi zero	Chilsung pepsi zero sugar lime flavor	Lotte Chilsung Korea	Aspartame, sucralose, acesulfame potassium	Lemon lime flavor	Phosphoric acid, citric acid, carbon dioxide

3.2. 실험용액의 pH와 적정산도

일반 펩시의 pH는 2.62±0.01, 적정산도는 1.37±0.06 이었으며, 펩시 제로는 pH 3.34±0.03, 적정산도 1.97±0.06로 두 음료 중 일반 펩시의 pH와 적정산도가 좀 더 낮은 것으로 나타났다(Table 2).

Table 2. Average pH and titratable acidity of the experimental solutions

Groups	Mean±SD	
	pH	Titratable acidity*
Distilled water	6.25±0.11[a]	-
Pepsi	2.62±0.01[b]	1.37±0.06[a]
Pepsi zero	3.34±0.03[c]	1.97±0.06[a]

* The amount (㎖) of 0.1 M NaOH required to reach pH 5.5
The same letter indicates no significant difference by Tukey's test at α=0.05

3.3. 실험음료 섭취에 따른 구강내 pH의 변화

음료 섭취 3분과 7분 후에 펩시음료군이 제로펩시음료군에 비해 유의하게 pH가 낮아진 것으로 나타났으며(p=0.002), 개체 간 효과검정에서 측정시점 별 집단 간 구강내 pH의 변화는 유의한 차이를 보였다(p<0.001). 더불어 각 섭취시기에 따른 군 간의 pH를 비교하였을 때는 펩시음료군은 섭취 전 pH와 비교하였을 때 섭취 3분, 7분 후에 pH가 유의하게 낮아진 것으로 나타났다(p<0.001)(Figure 1, Table 3).

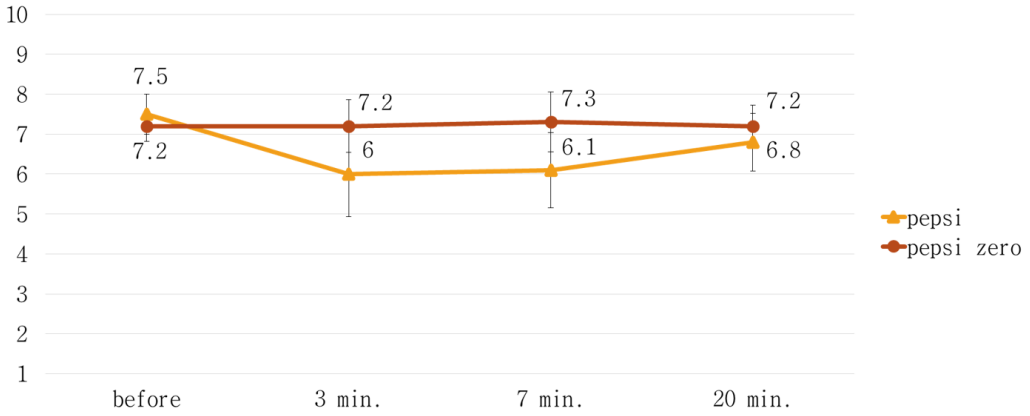


Figure 1. Trend of pH changes of saliva by intake time.

Table 3. pH changes in saliva by intake time (n = 26)

	Before	3 min	7 min	20 min	Time F(p)
Pepsi	7.50±0.5[a]	5.96±1.07[b]	6.12±0.94[b]	6.81±0 .72[ab]	11.846(<0.001)**
Pepsi zero	7.19±0.38 [a]	7.19±0.66 [a]	7.31±0.75 [a]	7.19±0.52 [a]	
p-value	0.091	0.002*	0.002*	0.133	

All values are mean ± standard deviation
*P<0.05, by independent t-test
**P<0.05, by repeated measures ANOVA
The same letter indicates no significant difference by Tukey's test at α=0.05

3.4. 실험음료 섭취에 따른 구강 내 잔류 포도당의 변화

제로펩시음료군은 섭취 전후에 따라 구강 내 잔류 포도당 수치의 변화가 없는 것으로 나타났다. 반면 펩시음료군은 섭취 직후 490.38±148.44까지 유의하게 증가하였다가 이후 감소하면서 섭취 9분 후 유의한 차이가 없게 감소하였다. 각 섭취시간에 따른 제로펩시음료군과 펩시음료군을 비교하였을 때는 섭취 후 21분까지 구강 내 잔류포도당이 유의한 차이를 보였다. 또한 개체 간 효과검정에서 측정시점 별 집단 간 구강 내 잔류포도당의 변화는 유의한 차이를 보였다(p<0.001)(Figure 2, Table 4).

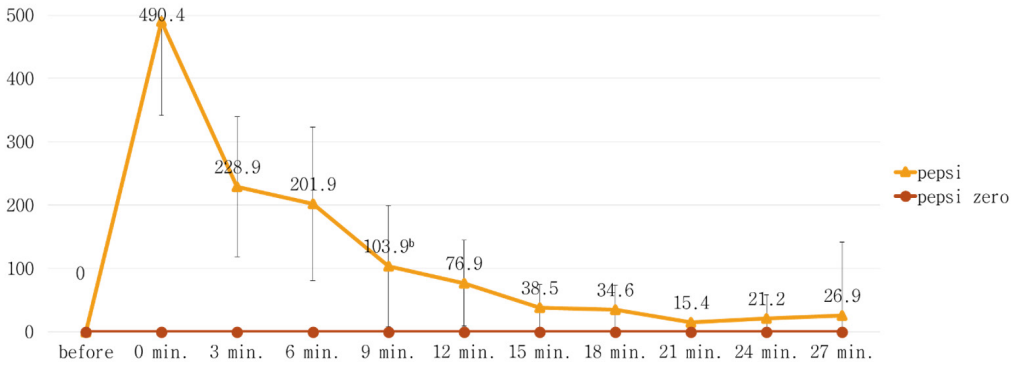


Figure 2. Trend of residual glucose in the oral cavity by intake time.

Table 4. Residual glucose changes of the oral cavity by intake time (n=26)

	Before	0 min	3 min	6 min	9 min	12 min	15 min	18 min	21 min	24 min	27 min	Time F(*p*)
Pepsi**	0[a]	490.38 ± 148.44[d]	228.85 ± 110.32[c]	201.92 ± 121.39[bc]	103.85 ± 101.47[ab]	73.22 ± 20.31[a]	38.46 ± 45.20[a]	34.62 ± 46.25[a]	15.38 ± 24.02[a]	21.15 ± 37.98[a]	26.92 ± 69.57[a]	51.181 (<0.001) **
Pepsi zero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
p-value	-	<0.001*	<0.001*	<0.001*	0.001*	<0.001*	0.005*	0.013*	0.03*	0.056	0.176	

All values are mean ± standard deviation
*P<0.05, by independent t-test
**P<0.05, by repeated measures ANOVA
The same letter indicates no significant difference by Tukey's test at α=0.05

4. 고안

설탕을 대신하는 대체감미료의 사용은 사람들의 식생활 변화에 많은 영향을 주었다. 기존의 설탕이 가지고 있던 비만, 당뇨, 치아우식증과 같은 다양한 전신건강의 위협을 벗어나게 해줄 것이라는 기대가 커지면서 다양한 식품사업 전반에 걸쳐 대체감미료가 활용되고 있으며, 소비량 또한 매년 증가하고 있는 추세이다(14-16). 이번 연구에서는 이러한 대체감미료가 사용된 일부 탄산음료의 섭취가 구강 내 환경에 어떠한 변화를 나타내는지 확인하기 위해 시행하였다.

연구 결과 펩시와 제로펩시 음료 모두 pH 4 이하로 산성으로 나타났다. 탄산음료에 산도를 결정하는 것은 이산화탄소라고 알려진 탄산에 의한 것만이 아니라 청량감을 위해 첨가되는 구연산, 향미나 맛을 위해 첨가되는 과일산등도 음료의 산도에 영향을 주는 것으로 알려져있다(17). 이번 연구에서 사용된 음료의 성분을 살펴보면 펩시에는 산도를 떨어트릴 수 있는 성분으로 이산화탄소와 인산이 들어있었으며, 제로펩시에는 이산화탄소, 인산, 구연산, 라임향이 들어있어 더욱 다양한 산성물질이 들어있는 것으로 나타났다. 제로펩시의 경우 일반펩시보다 pH는 조금 높았지만 적정산도 역시 높았기 때문에 섭취했을 때 pH 5.5 이상으로 끌어올리기 위해서는 더 높은 완충능이 요구되어 치아부식에 있어 더 많은 영향을 줄 것으로 보인다. 실제 선행연구에서도 치아 부식에는 pH보다 적정산도가 더 많은 영향을 준다고 보고하였기 때문에 음료자체만 보았을 때는 제로펩시도 일반펩시만큼의 부식위험이 있다고 볼 수 있다(12).

그러나 실제 음료 섭취 후 구강 내 pH 변화를 분석한 결과, 일반 펩시는 섭취 직후 pH가 6 이하로 감소했으나, 제로펩시는 섭취 전후 변화가 없었다. 이러한 결과는 기존 연구에서도 유사하게 보고된 바 있다. 선행연구에 따르면, 일반 탄산음료는 섭취 후 구강 내 pH를 급격히 감소시키며, 이 영향은 음료 자체의 pH뿐만 아니라 구강 내 세균 활동과도 관련이 있다고 보고

하였다(18). 특히, 일반 펩시는 설탕을 포함하고 있어 *Streptococcus mutans*와 같은 산 생성균의 활동을 촉진할 가능성이 있다. 따라서, 본 연구에서 일반 펩시 섭취 후 pH가 감소한 것은 음료 자체의 산도뿐만 아니라 세균의 대사 작용에 의해 추가적인 산 생성이 이루어졌을 가능성이 있다.

반면, 제로펩시는 설탕 대신 인공감미료를 포함하고 있어 산 생성균이 이를 기질로 이용하지 못했을 가능성이 있다. 선행연구에 따르면, 아스파탐, 수크랄로스와 같은 인공감미료는 *Streptococcus mutans*의 대사 활성에 영향을 미치지 않으며, 따라서 산 생성이 일어나지 않는다고 보고되었다(13, 20, 21). 본 연구에서도 이러한 기존 연구 결과와 유사한 경향을 보였으며, 이를 통해 제로펩시가 상대적으로 낮은 치아 부식 위험을 가질 가능성이 있음을 시사한다.

그러나 본 연구에서는 직접적으로 산 생성균의 활성을 측정하지 않았기 때문에, 이러한 가설을 확정적으로 결론 내리기는 어렵다. 따라서 향후 연구에서는 구강 내 미생물 군집 분석과 산 생성량을 함께 평가하여, 탄산음료 섭취 후 세균 대사가 pH 변화에 미치는 영향을 명확히 규명할 필요가 있다.

이러한 비슷한 현상은 구강 내 잔류포도당 검사에 의해서 확인할 수 있었다. 펩시는 섭취직후 음료의 설탕에 의해 구강 내 포도당 수치가 490.4까지 올라갔다가 20분이 지나고 나서야 20정도까지 떨어진 것에 비해 제로 펩시음료는 대체감미료의 영향으로 섭취 전후 포도당의 변화가 전혀 없었기에 이번연구에서 탄산음료 섭취에 의한 구강 내 pH의 변화는 음료 자체의 영향보다는 구강 내 세균의 산 생성에 의한 것으로 생각할 수 있다.

이번 연구의 제한점으로는 구강 내 pH를 위해 pH 미터기가 아닌 비색법을 사용했기 때문에 정확한 pH 측정이 어려워 실제 변화와 차이가 있을 수 있었다. 또한 pH의 측정을 3, 7, 20분에 시행하여 일정한 시간의 측정이 아니었기에 세밀한 변화를 관찰할 수 없었다. 또한 이번 연구에서는 음료를 입에 머금고 있지 않고 꿀꺽 삼켰기 때문에 음료가 구강 내에 머무는 시간이 적어 음료가 구강 내에 미치는 영향이 줄어들었을 것으로 사료된다.

추후 연구에서는 좀 더 세밀한 구강 내 변화를 확인할 수 있도록 연구방법을 설계해야할 것이며 다양한 음료를 활용한다면 좀 더 정확한 구강에 미치는 영향을 확인할 수 있을 것으로 보인다.

이번 연구 결과 제로펩시 자체의 산도는 낮았으나 일반 펩시에 비해서는 구강 내 pH와 잔류포도당에 미치는 영향은 거의 없는 것으로 나타나, 탄산음료보다는 제로탄산음료의 섭취가 치아부식의 위험성이 적을 것으로 보인다.

결론

이번 연구는 대체감미료가 포함된 제로 펩시와 일반 펩시를 섭취하였을 때 구강 내 치아 부식위험도에 어떤 차이가 있는지 알아보고자 하였다.

1. 일반 펩시와 제로 펩시의 pH는 각각 2.62±0.01, 3.34±0.03이었다. pH를 5.5까지 상승시키는데 필요한 0.1 M의 양(㎖)인 적정산도는 일반 사이다와 제로 사이다는 각각 1.37±0.06, 1.97±0.06이었다. 일반 펩시가 제로 펩시에 비해 좀 더 낮은 pH와 적정산도를 나타내었다.

2. 음료 섭취 3분과 7분 후에 일반 펩시의 구강 내 pH가 6으로 변화가 없는 제로 펩시에 비해 유의하게 낮아진 뒤 회복되었다.

3. 제로 펩시는 섭취 전후에 따라 구강 내 잔류 포도당 수치의 변화가 없었지만, 일반펩시는 섭취 직후 490.38±148.44까지 유의하게 증가하였다가 이후 감소하면서 섭취 9분 후 유의한 차이가 없게 감소하였다

이 실험에 사용된 제로 펩시는 pH와 적정산도는 낮지만 일반 펩시에 비해 구강 내에서pH나 포도당의 변화를 일으키진 않아 일반 펩시에 비해 부식위험도가 낮은 것으로 확인되었다. 하지만 음료 자체는 일반 펩시처럼 산성을 나타내기 때문에 장기간이나 과량 섭취시에는 치아 부식의 위험에 대한 정보를 소비자들에게 알려야 할 것이다.

Author contributions

Conceptualization: SH Kim. Supervision: YS Kim. Funding acquisition and Investigation, Data curation, Formal analysis, Writing—original draft: SH Kim, SM Seol, DH Gwon, EJ Yeo. Writing—review & editing: YS Kim.

References

1. The food&beverages news. Korean beverages, growth in the US limited… urgent need for price improvement and new products that fit the trend.[online]https://www.thinkfood.co.kr/news/articleView.html?idxno=99181. 2025.01.06
2. Chattopadhyay S, Raychaudhuri U, Chakraborty R. Artificial sweeteners–a review. J Food Sci Technol 2014;51:611-621. 10.1007/s13197-011-0571-1.
3. Pindborg JJ. Pathology of the dental hard tissues. Philadelphia:Saunders;1970:47-55.
4. Jensdottir T, Bardow A, Holbrook P. Properties and modification of soft drinks in relation to their erosive potential in vitro. J Dent 2005;33(7):569-575. 10.1016/j.jdent.2004.12.002.
5. Morgado M, Ascenso C, Carmo J, Mendes JJ, Manso AC. pH analysis of still and carbonated bottled water: potential influence on dental erosion. Clin Exp Dent Res 2022;8(2):552-560. 10.1002/cre2.535.
6. Kim EJ, Jin BH. Effects of titratable acidity and organic acids on enamel erosion in vitro. J Dent Hyg Sci 2019;19(1):1-8. 10.17135/jdhs.2019.19.1.1.
7. Oh HN, Lee HJ. The effect of energy drink on enamel erosion. J Dent Hyg Sci 2015;15(4):419-423. 10.17135/jdhs.2015.15.4.419.
8. Creanor SL, Ferguson JF, Foye RH. Comparison of the cariogenic potential of caloric and noncaloric carbonated drinks. J Dent Res 1995;74(3):873.
9. Sorvari R, Rytömaa I. Drinks and dental health. Proc Finn Dent Soc 1991;87(4):621-631.
10. Touyz LZ. The acidity (pH) and buffering capacity of Canadian fruit juice and dental implications. J Can Dent Assoc 1994;60(5):454-458.
11. Reddy A, Norris DF, Momeni SS, Waldo B, Ruby JD. The pH of beverages in the United States. J Am Dent Assoc 2016;147(4):255-263. 10.1016/j.adaj.2015.10.019.
12. Zero DT. Etiology of dental erosion--extrinsic factors. Eur J Oral Sci 1996;104(2):162-177. 10.1111/j.1600-0722.1996.tb00065.x.
13. Barajas-Torres GC, Klünder-Klünder M, Garduño-Espinosa J, Parra-Ortega I, Franco-Hernández MI, Miranda-Lora AL. Effects of carbonated beverage consumption on oral pH and bacterial proliferation in adolescents: a randomized crossover clinical trial. Life (Basel) 2022;12(11):1776. 10.3390/life12111776.
14. Daher MI, Matta JM, Abdel Nour AM. Non-nutritive sweeteners and type 2 diabetes: should we ring the bell?. Diabetes Res Clin Pract 2019;155:1-13. 10.1016/j.diabres.2019.107786.
15. Mooradian AD, Smith M, Tokuda M. The role of artificial and natural sweeteners in reducing the consumption of table sugar: a narrative review. Clin Nutr ESPEN 2017;18:1-8. 10.1016/j.clnesp.2017.01.004.
16. Gardner C, Wylie-Rosett J, Gidding SS, Steffen LM, Johnson RK, Reader D, et al. Nonnutritive sweeteners: current use and health perspectives: a scientific statement from the american heart association and the american diabetes association. Circulation 2012;126(4):509-519. 10.1161/CIR.0b013e31825c42ee.
17. Kim EJ, Lee HJ, Lee EJ, Bae KH, Jin BH, Paik DI. Effects of pH and titratable acidity on the erosive potential of acidic drinks. J Korean Acad Oral Health 2012;36(1):13-19.

18. Mahtani AA, Jayashri P. Comparing the effect of natural and synthetic sugar substitutes on salivary pH–a double-blinded randomized controlled study. Drug Invention Today 2019;11(8):1745-1749. 10.19070/2377-8075-21000320.
19. Sharma W, Bhola M, Bajaj N, Brar GS. Comparative evaluation of changes in salivary pH and *streptococcus mutans* count in saliva by natural sugar substitutes: an *in vivo* study. Int J Clin Pediatr Dent 2023;16(5):728-733. 10.5005/jp-journals-10005-2672.
20. Dotsey RP, Moser EAS, Eckert GJ, Gregory RL. Effects of cola-flavored beverages and caffeine on *Streptococcus mutans* biofilm formation and metabolic activity. J Clin Pediatr Dent 2017;41(4):294-299. 10.17796/1053-4628-41.4.294.
21. Samman M, Kaye E, Cabral H, Scott T, Sohn W. Dental erosion: effect of diet drink consumption on permanent dentition. JDR Clin Trans Res 2022;7(4):425-434. 10.1177/23800844211048478.