

# 시판 매실음료에 칼슘첨가시 치아부식증 억제 효과

김지은<sup>1</sup>, 윤인경<sup>1</sup>, 정성숙<sup>1,2</sup>, 정기호<sup>1,2</sup>, 최충호<sup>1,2</sup>

전남대학교 치의학전문대학원 <sup>1</sup>예방치과학교실, <sup>2</sup>치의학연구소

## Inhibition of dental erosion through addition of calcium to commercial plum beverages

Ji-Eun Kim<sup>1</sup>, In-Gyeong Yun<sup>1</sup>, Seong-Soog Jeong<sup>1,2</sup>, Ki-Ho Chung<sup>1,2</sup>, Choong-Ho Choi<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Department of Preventive & Public Health Dentistry,

<sup>2</sup>Dental Science Research Institute, School of Dentistry, Chonnam National University, Gwangju, Korea

**Received:** August 21, 2019  
**Revised:** August 29, 2019  
**Accepted:** September 2, 2019

**Corresponding Author:** Choong-Ho Choi  
Department of Preventive & Public Health  
Dentistry, School of Dentistry, Chonnam  
National University, 33 Yongbong-ro, Buk-  
gu, Gwangju 61186, Korea  
Tel: +82-62-530-5839  
Fax: +82-62-530-5810  
E-mail: hochoi@chonnam.ac.kr  
https://orcid.org/0000-0002-6803-3218

**Objectives:** We examined the effect of commercial plum beverages on dental erosion and whether the addition of calcium to these beverages would inhibit dental erosion.

**Methods:** We analyzed three groups as follows: Maesil 1 group (Chorok Maesil), Maesil 2 group (Sunkist plum), both of which were selected from commercially-available plum beverages, and Calcium-added maesil group (addition of 3% calcium to Chorok Maesil). For negative and positive control groups, Jeju Samdasoo and Coca Cola were selected, respectively. The characteristics of the experimental beverages were analyzed, and the specimens were immersed in the experimental beverage. The degree of erosion was measured by Vickers hardness number (VHN) and scanning electron microscope images.

**Results:** Positive control group had the lowest pH ( $2.50 \pm 0.03$ ), followed by Maesil 2 ( $2.59 \pm 0.01$ ), Maesil 1 ( $2.81 \pm 0.02$ ), calcium-added maesil ( $4.19 \pm 0.01$ ), and negative control group ( $7.57 \pm 0.06$ ). Significant differences were found in surface microhardness between positive control, Maesil 1, Maesil 2 and calcium-added maesil group before immersion and at 30 minutes after immersion ( $P < 0.05$ ), and change in VHN (positive control group,  $-80.94 \pm 20.63$ ; Maesil 1 group,  $-69.33 \pm 24.88$ ; and Maesil 2 group,  $-78.49 \pm 18.60$  in comparison with negative control group,  $-6.57 \pm 26.73$ ). There was no significant difference ( $P < 0.05$ ) in change in VHN between calcium-added maesil ( $-13.02 \pm 17.33$ ) and negative control group.

**Conclusions:** Plum beverages can potentially induce dental erosion due to their low pH. However, adding calcium to these beverages can reduce the risk of dental erosion. Therefore, the risk of dental erosion must be considered during consumption of plum beverages, and the addition of calcium into plum beverages may be considered as a way to prevent dental erosion.

**Key Words:** Calcium, Dental erosion, Plum beverages, pH

## 서 론

근래 생활수준의 향상으로 건강과 미용에 대한 관심이 높아지면서, 기능성 건강식품들이 많이 개발되고 있다<sup>1)</sup>. 특히 커피나 탄산음료를 대신하여 건강을 위한 비타민 섭취 등의 목적으로 음료를 섭취하는 소비자들이 증가하고, 이러한 음료는 다양한 과즙이

함유된 제품들로 출시되며 판매되고 있다<sup>2)</sup>. 특히 매실음료는 지난 1999년 말 ‘초록매실’이 출시된 후 이듬해 1,700억원, 2001년 2,500억원이라는 규모를 형성할 정도로 빠르게 시장이 성장하여 많은 사람들이 매실음료를 구매하여 섭취할 수 있게 되었다<sup>3)</sup>.

과채·혼합음료의 원료 중 매실(*Prunus mume*)은 장미과 벚나무속에 속하는 과수로, 아시아대륙의 동남부인 한국, 중국, 일본

등지에 많이 분포한다<sup>4)</sup>. 매실은 항산화 및 항균능력이 우수한 것으로 보고<sup>4)</sup>되고 있는데, Lee와 Chung<sup>5)</sup>은 매실 추출물이 *Streptococcus mutans* 및 *Streptococcus sobrinus*에 대해 항균효과를 가지는 것을 보고하였고, Jang 등<sup>6)</sup>은 구강 미생물에 매실 추출물을 농도별로 첨가하여 농도에 따른 항균효과를 보고하는 등 매실 추출물을 이용한 연구가 보고되었다.

그러나 대중이 쉽게 구매할 수 있는 시판 매실음료를 이용한 구강 내 경조직에 미치는 영향에 대한 연구 결과가 미미한 편이다. 매실음료의 경우 과실 내 유기산이 다량으로 함유되어<sup>7)</sup> 음료의 pH가 낮으며, 일반적으로 pH가 낮은 음료의 경우 치아표면에 치아부식증을 유발할 가능성이 높다. 치아부식증은 세균의 작용 없이 산의 화학적 작용에 의한 치아 경조직 손상으로<sup>8)</sup> 과일음료, 청량음료, 스포츠음료 등의 산성 음료, 즉 식이(diet) 요소가 주된 외인성 원인으로 알려져 있다<sup>9,10)</sup>. Choi와 Shin<sup>11)</sup>은 우리나라 시판 식음료의 수소이온농도지수를 측정한 연구에서 대부분의 음료가 산성을 띠는 것을 보고하였다. 이처럼 식음료의 경우 청량감과 신선감을 맛보도록 하기 위해 일반적으로 산성을 띄고 있으며, 산도가 높을수록 음용 시 치아표면에 부식을 일으킬 가능성이 높다<sup>11)</sup>.

한편, 이러한 산성음료로 인한 치아부식을 예방하기 위해 음료에 여러 물질을 첨가하는 연구가 선행되어 왔다<sup>12-14)</sup>. 그 중 칼슘은 치아부식을 억제하기 위하여 식품에 안전하게 첨가할 수 있는 물질로 보고되었다<sup>15)</sup>. 이에 따라 제조특성상 pH가 낮아진 매실음료의 치아부식 가능성을 평가하고, 치아부식을 예방하는 물질을 첨가하여 치아부식 발생 억제 가능성을 연구할 필요가 있다고 생각하였다.

따라서 이번 연구는 시판되는 매실음료가 건전한 치아표면에 미치는 영향을 평가하고, 매실음료에 칼슘을 첨가하여 치아부식증 유발 위험성을 낮출 수 있는지 확인하여, 소비자들의 구강건강을 위해 매실음료 음용 시 효과적인 식이지도를 위한 기초자료를 마련하고자 시행하였다.

## 연구대상 및 방법

### 1. 연구대상

국내에서 시판되고 있는 매실음료 중 과채음료인 초록매실(이하 매실1군)과 혼합음료인 썬키스트매실(이하 매실2군)을 사용하였다. 또한 3%의 젖산칼슘(Calcium DL-Lactate, Pentahydrate,

Duksan Pharmaceutical Co., Ltd., Ansan, Korea)을 매실함량이 높은 과채음료에 첨가하여 실험군(이하 칼슘첨가매실군)으로 선정하였다. 실험에 이용되는 군은 음성대조군인 제주삼다수와 양성대조군인 코카콜라를 포함하여 총 5군으로 설정하였다(Table 1). 실험에 이용한 음료는 유효기간이 1년 이상 남은 것을 구입하여 사용하였다.

## 2. 연구방법

### 2.1. 실험음료의 특성 분석

(1) pH 및 적정산도 측정: 음료는 6시간 전 실온에 방치한 후 측정 직전에 개봉하여 사용하였다. 탄산음료는 탄산가스를 방출하고, 칼슘첨가매실군은 칼슘이 잘 용해될 수 있도록 200 rpm으로 1시간 이상 교반하였다.

음료의 pH는 pH meter (Orion 3-Star pH Benchtop, Thermo Fisher Scientific, Chelmsford, MA, USA)를 이용하여 pH 4.01과 7.00의 완충액(Buffer, Thermo Fisher Scientific, Chelmsford, MA, USA)으로 보정한 후 음료 20 ml를 동일한 비커에 담아 측정하였고, 적정산도는 음료에 1 M의 NaOH (Sodium hydroxide, Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)를 0.02 ml씩 첨가하여 pH가 5.5와 7.0에 도달할 때까지 첨가된 1 M NaOH 양을 측정하였다. 모든 측정은 3회씩 반복하여 실행하였다.

(2) F<sup>-</sup> 농도 측정: 음료의 F<sup>-</sup> 농도는 이온분석기(Expandable ionAnalyzer 940, Thermo Orion, Beverly, MA, USA)로 불소 이온전극(Orion ionplus Fluoride Electrode 9609, Orion Research, Beverly, MA, USA)을 이용하여 측정하였다. 0.01, 0.1, 0.5, 1 ppm으로 희석한 불소표준용액(Fluoride Standard, Thermo Electron Co., Beverly, MA, USA) 1 ml와 TISAB II (Total Ionic Strength Adjustment Buffer II with CDTA, Thermo Fisher Scientific, Chelmsford, MA, USA) 용액 1 ml를 1:1 비율로 혼합하여 값을 측정하고, 표준 곡선을 구하여 유의한지 확인하였다. 그 후 실험음료 1 ml와 TISAB II 용액 1 ml를 1:1 비율로 혼합하여 값을 측정하고, 표준 곡선에 대입하여 F<sup>-</sup> 농도를 구하였다.

(3) Ca<sup>2+</sup>와 P<sup>3-</sup> 농도 측정: 음료의 Ca<sup>2+</sup>와 P<sup>3-</sup> 농도는 유도 결합플라즈마분광광도계(Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer, ICP-OES, Optima 7300 DV, PerkinElmer, Waltham, MA, USA)를 이용하여 분석 의뢰하였다.

Table 1. Test groups used in the experiment

Group	Brand name	Classification	Manufacture
Control (-)	Jeju Samdasoo	Mineral water	Jeju Province Development Corporation
Control (+)	Coca Cola	Carbonated beverage	Coca-Cola Beverage Company
Maesil 1	Chorok Maesil	Fruit and vegetable beverage	Woongjin Co., Ltd.
Maesil 2	Sunkist Maesil	Mixed drink	Haitai Beverage Co., Ltd.
Maesil+Ca <sup>2+</sup>	Chorok Maesil+3% Ca	-	-

## 2.2. 시편 제작

치아우식증 및 표면 균열이 없는 건전한 우치로부터 직경 5 mm 원통형 법랑질 시편을 취득하여 아크릴 봉에 자가중합형 레진을 이용하여 포매하고, #60, #240, #600, #1,200 연마지(Carbi-Met, Buehler, IL, USA)를 이용하여 연마하였다.

## 2.3. 표면미세경도 측정

시편의 표면미세경도는 표면미세경도기(HMV-G21, Dong-il SHIMADZU Corp, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다. 시편 가장자리에서 0.5 mm 안쪽의 상·하·좌·우 4부위를 200 gf 하중으로 10초간 압인하고, 압흔 크기를 Vickers hardness number (이하 VHN)로 측정하여, 4부위의 평균값을 시편의 표면미세경도로 하였다. 표면미세경도가 280-320 VHN 범위에 해당하는 60개의 시편을 선정하여, 군 당 12개씩 5개의 군으로 배정하였다.

## 2.4. 음료 침지

음료를 각 군 당 20 ml씩 3개의 동일한 용기에 분주하여, 1개의 용기에 시편을 4개씩 침지하였다. 침지 시간은 1, 3, 5, 10, 15, 30분으로 하여, 침지 후 흐르는 증류수로 30초 동안 세척하였다.

## 2.5. 음료 침지 후 평가

(1) 표면미세경도 측정: 시편을 음료에 침지한 시간대별로 표면미세경도기를 이용하여 시편의 표면미세경도를 측정하였다. 측정 부위는 침지 전에 측정하였던 부위와 인접한 4부위에서 표면경도를 측정하여 평균을 구하였다.

(2) 주사전자현미경(Scanning Electron Microscopy, SEM) 분석: 모든 처치가 끝난 후 각 군 당 임의로 2개의 시편을 선정하여 주사전자현미경(JSM-7500F, JEOL, Tokyo, Japan)을 이용하여 15 kV에서 10,000배, 50,000배의 배율로 시편의 표면을 관찰하였다.

## 2.6. 자료 분석

각 군별 실험음료에 침지 전과 침지 30분 후 시편의 표면미세경도를 비교하기 위해 Paired t-test를 사용하였고, 각 군 간 표면미세경도 차이를 비교하기 위해 One way ANOVA를 사용한 후, Tukey test로 사후분석을 시행하였다. 각 군별로 침지 시간에 따른 표면미세경도를 비교하기 위하여 Repeated measures ANOVA를 사용하였으며, 사후검정으로 Tukey의 다중비교를 사용하였다.

통계분석은 SPSS (Statistical Packages for Social Science 23.0, IBM Co., Armonk, NY, USA) 통계 프로그램을 이용하였다.

# 연구 성적

## 1. 실험음료의 특성

### 1.1. pH 및 적정산도

이번 실험에 사용된 5종의 음료 중 양성대조군이 pH 2.50±0.03으로 가장 낮았고, 음성대조군이 7.57±0.06으로 가장 높게 나타났다(Table 2). 음료의 적정산도는 pH 5.5의 경우 양성대조군(0.10±0.00 ml), 매실2군(0.56±0.02 ml), 매실1군(0.59±0.01 ml), 칼슘첨가매실군(0.71±0.01 ml) 순으로 나타났고, pH 7.0의 경우도 양성대조군(0.14±0.00 ml), 매실2군(0.75±0.02 ml), 매실1군(0.75±0.03 ml), 칼슘첨가매실군(0.79±0.01 ml) 순으로 나타났다(Table 2).

### 1.2. F<sup>-</sup>, Ca<sup>2+</sup>, P<sup>3-</sup> 농도

이번 실험음료의 F<sup>-</sup> 농도는 음성대조군에서 0.06 ppm, 양성대조군 0.05 ppm, 매실1군 0.03 ppm, 매실2군 0.02 ppm 순으로 나타났고, Ca<sup>2+</sup>의 농도는 인위적으로 젖산칼슘을 첨가한 칼슘첨가매실군에서 1 L당 3,743.62 mg으로 가장 높게 나타났으며, P<sup>3-</sup>의 농도는 양성대조군에서 1 L당 384.87 mg으로 가장 높게 나타났다(Table 3).

## 2. 음료 침지 후 법랑질 표면미세경도 변화

음료 침지 전과 30분 후 표면미세경도를 비교하였을 때 양성대조군, 매실1군, 매실2군, 칼슘첨가매실군에서 유의한 차이가 있었고(P<0.05), 음성대조군은 유의한 차이가 없었다(P>0.05, Table 4).

각 군의 30분 음료 침지 전·후의 표면미세경도차(ΔVHN)는 양성대조군(-80.94±20.63)이 가장 높았고, 매실2군(-78.49±18.60), 매실1군(-69.33±24.88), 칼슘첨가매실군(-13.02±17.33), 음성대조군(-6.57±26.73) 순으로 나타났는데, 양성대조군, 매실1군, 매실2군은 음성대조군에 비해 유의한 차이가 나타났으며(P<0.05), 칼슘첨가매실군은 음성대조군과 유의한 차이가 나타나지 않았다(P>0.05, Table 4).

침지 시간에 따른 표면미세경도 변화는 군 간 차이가 유의하게 나타났는데(P<0.05), 음성대조군과 칼슘첨가매실군에 비해 양성

**Table 2.** The pH and titratable acidity of experimental groups (mean±standard deviation)

Group	pH	Titratable acidity (ml)	
		pH 5.5	pH 7.0
Control (-)	7.57±0.06	-	-
Control (+)	2.50±0.03	0.10±0.00	0.14±0.00
Maesil 1	2.81±0.02	0.59±0.01	0.75±0.03
Maesil 2	2.59±0.01	0.56±0.02	0.75±0.02
Maesil+Ca <sup>2+</sup>	4.19±0.01	0.71±0.01	0.79±0.01

**Table 3.** The concentration levels of F<sup>-</sup>, Ca<sup>2+</sup> and P<sup>3-</sup> by group

Group	F <sup>-</sup> (ppm)	Ca <sup>2+</sup> (mg/L)	P <sup>3-</sup> (mg/L)
Control (-)	0.06	2.99	0.17
Control (+)	0.05	15.72	384.87
Maesil 1	0.03	7.39	16.33
Maesil 2	0.02	3.00	2.01
Maesil+Ca <sup>2+</sup>	-	3,743.62	14.20

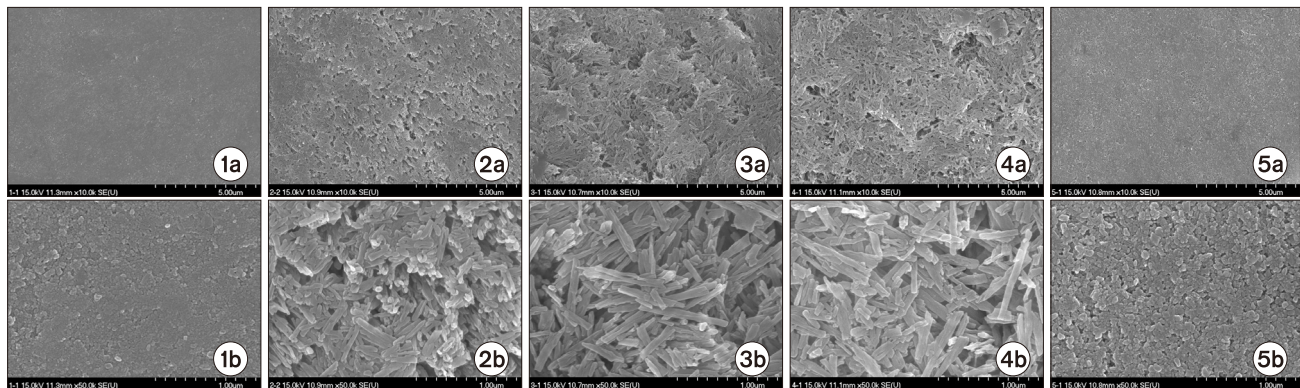
**Table 4.** Difference in enamel surface microhardness after treatment for 30 minutes (mean±standard deviation) (Unit: Vickers hardness number)

Group	N	Treatment		$\Delta$ Vickers hardness number <sup>†</sup>
		Before (0 min)	After (30 min)	
Control (-)	12	291.65±17.31	285.07±23.48	-6.57±26.73 <sup>a</sup>
Control (+)*	12	290.97±16.06	210.03±11.94	-80.94±20.63 <sup>b</sup>
Maesil 1*	12	291.03±15.44	221.70±12.75	-69.33±24.88 <sup>b</sup>
Maesil 2*	12	289.73±12.40	211.24±12.79	-78.49±18.60 <sup>b</sup>
Maesil+Ca <sup>2+</sup> *	12	289.72±12.51	276.70±16.88	-13.02±17.33 <sup>a</sup>

\* $P<0.05$ , by Paired t-test. <sup>†</sup> $P<0.05$ , by One way ANOVA.<sup>a,b</sup>The same letter indicates no significant difference by Tukey test at  $\alpha=0.05$ .**Table 5.** Difference in enamel surface microhardness after treatment by treatment time (mean±standard deviation)

(Unit : Vickers hardness number)

Time (min)	Group*				
	Control (-) <sup>a</sup>	Control (+) <sup>b</sup>	Maesil 1 <sup>b</sup>	Maesil 2 <sup>b</sup>	Maesil+Ca <sup>2+</sup> <sup>a</sup>
0	291.65±17.31	290.97±16.06	291.03±15.44	289.73±12.40	289.72±12.51
1	288.51±19.65	275.79±19.16	274.97±13.45	258.78±16.22	274.98±16.66
3	279.79±20.49	263.95±17.87	258.14±14.60	244.12±18.18	273.52±19.99
5	273.41±23.89	249.55±16.74	245.55±13.65	230.50±16.11	273.83±17.39
10	282.94±24.64	235.42±13.20	236.32±11.22	223.58±15.70	274.12±16.72
15	290.70±24.61	225.41±11.03	227.44±12.94	219.62±14.20	272.35±17.98
30	285.07±23.48	210.03±11.94	221.70±12.75	211.24±12.79	276.70±16.88

\* $P<0.05$ , by Repeated measures ANOVA.<sup>a,b</sup>The same letter indicates no significant difference by Tukey multiple comparison test.**Fig. 1.** SEM images of enamel surface after beverage treatment for 30 minutes (1, Control (-); 2, Control (+); 3, Maesil 1; 4, Maesil 2; 5, Maesil+Ca<sup>2+</sup>; a, ×10,000; b, ×50,000).

대조군, 매실1군, 매실2군이 침지 시간별로 표면미세경도가 감소하는 경향으로, 유의한 차이가 나타났다( $P<0.05$ , Table 5).

### 3. 음료 침지 후 SEM에 의한 법랑질 표면 관찰

각 군의 시편을 실험음료에 30분 동안 침지한 후 주사전자현미경으로 법랑질 표면을 관찰한 결과, 음성대조군과 칼슘첨가매실군은 균열이나 손상이 없이 표면이 매끄러운 것을 확인할 수 있었다. 반면에 양성대조군, 매실1군, 매실2군은 표면에 흠이 생긴 것 같은 손상이 있고 결정 사이에 심한 균열을 보여주어 표면이 매끄럽지 못한 양상을 보여주었다(Fig. 1).

## 고 안

치아 경조직 손실은 다양한 형태로 나타날 수 있으며 이 중 치아부식은 내인성 요인과 외인성 요인에 의하여 발생한다<sup>16)</sup>. 외인성 요인 중 산성음료의 섭취는 치아부식증의 주요 원인으로 꼽히는데<sup>17)</sup>, 최근 건강을 위해 다양한 과실이 함유된 음료가 출시되어 판매되고 있다<sup>2)</sup>. 그 중 매실은 섬유소와 미네랄이 풍부할 뿐만 아니라 레몬이나 감귤에 비해 많은 유기산이 들어 있어<sup>7)</sup> pH가 낮을 것이라 판단되었다. 따라서 이번 연구에서는 시판 매실음료의 치아부식 가능성을 평가하고자 하였으며, 매실음료에 의한 치아부식



을 억제하는 방법을 모색하고자 하였다.

치아 부식에 영향을 미치는 요인으로 음료의 pH와 적정산도, 불소, 칼슘, 인산의 농도 등이 있다<sup>18)</sup>. 이에 이번 연구에서도 이러한 요인을 고려하여 음료의 특성을 분석하였다. Larsen<sup>19)</sup>은 청량 음료에 4-6 ppm의 불소이온을 첨가하여 치아부식 억제 효과를 보고하였으나, 이번 실험에서 사용된 음료의 F<sup>-</sup> 농도는 1 ppm 보다 낮아 치아부식에 크게 영향을 미치지 못했을 것이라 생각되며 각 음료의 F<sup>-</sup> 농도 차이는 음료 생산에 사용한 물의 불소 농도에 영향을 받을 가능성이 있어 연구 시 이에 대한 고려가 필요할 것으로 생각된다. 이번 연구에서는 화합물 형태인 인산을 대신하여 인산의 주요 원소인 P<sup>3-</sup>을 측정하였는데 P<sup>3-</sup> 농도의 경우 양성대조군이 다른 군에 비하여 상대적으로 높게 나타났지만, 음료 침지 전, 후의 표면미세경도차가 가장 크게 나타나, Larsen과 Nyvad<sup>20)</sup>의 연구결과와 상이하게 나타났다. 이는 치아부식을 억제할 만큼의 충분히 유효한 P<sup>3-</sup>의 농도가 아닌 것으로 생각된다. Shellis 등<sup>21)</sup>의 연구결과에서 pH가 치아부식 능력을 예측할 수 있는 주요한 요인이라고 보고하였는데, 실험음료로 선정된 매실음료인 매실1군과 매실2군의 pH는 2.81±0.02, 2.59±0.01로 나타났다. Thylstrup와 Fejerskov<sup>22)</sup>는 법랑질 주위의 pH가 4.5 이하일 때 치아부식증이 발생할 수 있고, pH 5.5 이상일 때 재광화가 발생할 수 있다고 보고하였으며, Rytömaa 등<sup>23)</sup>은 법랑질의 용해가 발생하는 임계 pH는 5.5이고, pH 4 이하인 산성 식품은 치아부식증을 일으킬 수 있다고 보고하여, 실험에 사용된 매실음료 또한 낮은 pH로 인하여 치아 표면에 부식을 발생시킬 가능성이 있는 것으로 생각되었다. 실험 음료에 침지하기 전과 침지 30분 후의 표면미세경도차와 실험음료의 pH에 따른 부식정도를 확인해보았을 때 양성대조군, 매실2군, 매실1군, 칼슘첨가매실군, 음성대조군 순으로 pH가 낮을수록 표면미세경도차가 크게 나타났다. 또한 주사전자현미경을 통하여 확인된 시편 표면의 양상에서도 매실1군과 매실2군에서 표면에 흠이 생긴 것 같은 손상과 결정 사이에 심한 균열을 보여주어 양성대조군과 유사한 양상을 보여주었으며, 칼슘첨가매실군은 음성대조군과 유사하게 균열이나 손상이 없이 표면이 매끄러운 양상을 나타내었다. 이러한 연구결과를 바탕으로 이번 실험에서도 이전 연구와 유사하게 음료의 pH가 치아 부식에 많은 영향을 주었을 것이라고 판단되었다.

산성 음료에 의한 치아부식 발생 가능성을 억제하기 위해 음료에 다양한 물질을 첨가하여 부식억제를 확인한 연구들도 선행되어 왔다<sup>13,14)</sup>. 이중 젖산칼슘(Calcium lactate)은 물에 쉽게 용해되고, 다른 칼슘제보다 체내 이용·흡수율이 좋아 식품의 칼슘 강화음료로 많이 사용되며<sup>24)</sup>, 치아부식을 억제하기 위하여 음료에 안전하게 첨가할 수 있는 물질로 보고되었다<sup>15)</sup>. 이번 연구에서도 매실음료에 젖산칼슘을 첨가하여 치아부식 억제 양상을 확인하고자 하였다. 실험에 사용한 젖산칼슘의 농도는 Lee 등<sup>25)</sup>의 연구결과를 바탕으로, 치아부식을 가장 효과적으로 억제하는 농도를 고려한 3%의 젖산칼슘을 매실음료 중 가장 대중적인 과채음료인 매실1군에 첨가하였으며, Ca<sup>2+</sup> 농도가 7.39 mg/L에서 3,742.62 mg/L로 증가됨을 확인하였다. 음료에 침지하기 전과 침지 30분 후의 표면미

세경도차는 칼슘을 첨가하지 않은 매실1군에서 -69.33±24.88이었으며, 칼슘을 첨가한 칼슘첨가매실군은 표면미세경도차가 -13.02±17.33로 감소하였다. 이는 음료에 칼슘을 첨가하였을 때 치아부식의 상당한 감소를 보고한 Attin 등<sup>18)</sup>의 결과와 숙취해소 음료에 칼슘과 불소를 첨가하였을 때 칼슘을 첨가한 군에서 치아부식을 효과적으로 억제한 연구결과<sup>12)</sup>와 비슷하게, 매실음료에 첨가한 3%의 젖산칼슘의 작용으로 음료 내에 칼슘이 포화되어 치아의 칼슘 용해를 저해하고 치아부식 발생을 억제하는데 작용하였으리라 생각된다. 또한 젖산칼슘을 첨가하기 전 음료의 pH는 2.81±0.02에서 첨가한 후 pH 4.19±0.01로 다소 높아졌다. Gregory-Head와 Curtis<sup>26)</sup>의 연구결과에서 구강 내 pH가 6.5에서부터 pH 1.0씩 낮아질 때마다 법랑질의 용해도는 7-8배가 증가한다고 하여, 음료에 첨가한 젖산칼슘은 법랑질의 칼슘 용해도를 억제할 뿐만 아니라, 음료의 pH를 높여주어 치아부식을 억제하는 효과가 있을 것이라 생각된다.

위 연구결과를 종합적으로 보았을 때 매실음료는 pH가 낮아 치아부식을 유발할 가능성이 있는 것으로 나타났으며, 매실음료에 칼슘을 첨가하는 경우 치아부식의 위험을 감소시킬 수 있는 것으로 관찰되었다.

Ahn 등<sup>27)</sup>의 연구 결과에서 산성 음료로 인한 치아부식증의 발생은 빠르게 일어나는 반면에 재광화는 상대적으로 느리게 일어난다고 보고하였다. 치아부식을 예방하기 위해서는 산성 음료 등의 음용을 금하는 것이 가장 이상적인 방안이지만, 현실적으로는 이행하기 어렵다. 따라서 매실음료 음용 시 치아부식의 가능성을 고려하여 섭취 횟수를 줄이거나 마시는 시간을 짧게 하고, 음료 섭취 후에는 바로 칫솔질을 하지 않고 물로 가볍게 행구어 구강 내 음료가 잔류하는 것을 줄이는 방안으로 관리를 하는 것이 필요할 것으로 생각된다.

이번 연구의 제한점을 살펴보면 첫째, 실험실 연구로 실제 사람의 구강 내 상황과 차이가 있을 수 있다. 사람의 구강 내에는 치면세균막과 타액의 완충작용으로 산으로부터 치아를 보호할 수 있다<sup>22,28)</sup>. 둘째, 우치를 사용하였기 때문에 사람의 치아에서 나타나는 부식의 양상과 차이가 있을 수 있다. Amaechi 등<sup>29)</sup>은 우치가 사람의 치아보다 많은 다공성을 가지고 있어 경도가 약하여, 더 빠른 탈회 양상을 가진다고 보고하였다. 셋째, 부식의 정도를 측정하기 위해 선택한 표면미세경도 측정법에서 요구하는 연마된 법랑질 표면은 산에 더 과장된 반응을 보인다<sup>30)</sup>. 이러한 요소들을 종합적으로 고려해 보았을 때, 실험실 상 시편의 부식 정도보다 실제 구강 내 치아의 부식 정도는 그 양상이 적을 것으로 생각된다. 추후 구강 내 환경을 고려한 *in situ* 실험을 통해 매실음료에 의한 법랑질 부식 정도를 관찰할 필요가 있을 것이다.

또한, 이번 연구에서는 임의로 과채음료 1종과 혼합음료 1종을 선택하여 실험을 시행하였다. 추후 더 다양한 매실음료를 이용한 연구가 필요하며, 더 나아가 순수 매실 성분이 치아 경조직에 어떠한 영향을 주는지, 농도별로 연구할 필요도 있을 것으로 생각된다.

## 결론

이번 연구는 시판 매실음료가 치아표면에 미치는 영향을 알아보고 칼슘을 첨가하였을 때 치아부식억제 효과가 나타나는지 확인하기 위해 시행하였다. 과채음료 중 매실 함량이 높은 초록매실(매실1군), 혼합음료인 썬키스트 매실(매실2군)을 선정하고, 칼슘첨가시 치아부식억제 효과를 확인하기 위해 가장 판매가 높은 초록매실에 3%의 칼슘을 첨가(칼슘첨가매실군)하여 실험군으로 선정하였다. 음성대조군과 양성대조군으로 각각 제주 삼다수와 코카콜라를 선정하였다. 선정된 5개의 실험음료의 특성을 분석하고, 건전한 시편을 실험 음료에 침지하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 실험에 사용된 5종 음료 중 양성대조군의 pH가  $2.50 \pm 0.03$ 으로 가장 낮았고, 매실2군( $\text{pH } 2.59 \pm 0.01$ ), 매실1군( $\text{pH } 2.81 \pm 0.02$ ), 칼슘첨가매실군( $\text{pH } 4.19 \pm 0.01$ ), 음성대조군( $\text{pH } 7.57 \pm 0.06$ ) 순으로 나타났으며, 음료의 적정산도는 pH 5.5의 경우 양성대조군( $0.10 \pm 0.00$  ml), 매실2군( $0.56 \pm 0.02$  ml), 매실1군( $0.59 \pm 0.01$  ml), 칼슘첨가매실군( $0.71 \pm 0.01$  ml) 순으로 낮게 나타났고, pH 7.0의 경우 양성대조군( $0.14 \pm 0.00$  ml), 매실2군( $0.75 \pm 0.02$  ml), 매실1군( $0.75 \pm 0.03$  ml), 칼슘첨가매실군( $0.79 \pm 0.01$  ml) 순으로 낮게 나타났다.

2. 실험음료의 F<sup>-</sup> 농도는 음성대조군에서 0.06 ppm, 양성대조군 0.05 ppm, 매실1군 0.03 ppm, 매실2군 0.02 ppm 순으로 나타났다. Ca<sup>2+</sup>의 농도는 인위적으로 젓산칼슘을 첨가한 칼슘첨가매실군에서 1 L당 3,743.62 mg으로 가장 높게 나타났고, 음성대조군(2.99 mg/L)에서 가장 낮게 나타났으며, P<sup>3-</sup>의 농도는 양성대조군에서 1 L당 384.87 mg으로 가장 높게 나타났고, 음성대조군(0.17 mg/L)에서 가장 낮게 나타났다.

3. 음료 침지 전의 표면미세경도와 음료 침지 30분 후의 표면미세경도는 양성대조군, 매실1군, 매실2군, 칼슘첨가매실군에서 유의한 차이가 있었고( $P < 0.05$ ), 음성대조군은 유의한 차이가 없었다( $P > 0.05$ ). 각 군의 30분 음료 침지 전·후의 표면미세경도차( $\Delta\text{VHN}$ )를 비교해 보았을 때, 양성대조군( $-80.94 \pm 20.63$ ), 매실1군( $-69.33 \pm 24.88$ ), 매실2군( $-78.49 \pm 18.60$ )에서 음성대조군( $-6.57 \pm 26.73$ )에 비해 유의한 차이가 나타났으며( $P < 0.05$ ), 칼슘첨가매실군( $-13.02 \pm 17.33$ )은 음성대조군과 유의한 차이가 나타나지 않았다( $P > 0.05$ ). 침지 시간에 따른 표면미세경도 변화는 군 간 차이가 유의하게 나타났는데( $P < 0.05$ ), 음성대조군과 칼슘첨가매실군에 비해 양성대조군, 매실1군, 매실2군이 유의한 차이가 나타났다( $P < 0.05$ ).

4. 주사전자현미경을 통해 시편 표면을 관찰한 결과, 칼슘첨가매실군은 음성대조군인 음성대조군과 유사하게 표면이 매끄러운 것을 확인할 수 있었으며, 매실1군과 매실2군은 표면이 매끄럽지 못하고 결정 사이에서 심한 균열을 보여주어 양성대조군인 양성대조군과 유사한 양상을 보였다.

이상의 결과를 종합해 볼 때 시판 매실음료는 pH가 낮아 치아부식을 유발할 가능성이 있는 것으로 나타났으며, 매실음료에 칼슘을 첨가하는 경우 치아부식의 위험을 감소시킬 수 있는 것으로

관찰하였다. 따라서 매실음료 음용 시 치아부식의 가능성을 고려하여야 하며, 매실음료의 칼슘첨가는 치아부식을 억제하는 대안이 될 것으로 생각된다.

## ORCID

Ji-Eun Kim, <https://orcid.org/0000-0001-7640-9863>

In-Gyeong Yun, <https://orcid.org/0000-0003-1170-7135>

Seong-Soog Jeong, <https://orcid.org/0000-0003-3025-9331>

Ki-Ho Chung, <https://orcid.org/0000-0002-0395-2344>

## References

- Shin HL. Consumer attitude survey : Beverage purchasing behaviors and preferences [master's thesis]. Seoul:Sejong University;2010. [Korean].
- Jun MK, Lee DH, Lee SM. Assessment of nutrient and sugar content and pH of some commercial beverages. J Dent Hyg Sci 2016;16:464-471.
- The Food&beverage News. [Internet]. The Food&beverage News; [cited 2019 Aug 28]. Available from: <https://www.thinkfood.co.kr/news/articleView.html?idxno=6977>.
- Shim JH, Park MW, Kim MR, Lim KT, Park ST. Screening of antioxidants in fructus mume (*Prunus mume* Sieb. et Zucc.) extract. J Korean Soc Agric Chem Biotechnol 2002;45:119-123.
- Lee JS, Chung KH. Antimicrobial effect of *Prunus mume* extracts against cariogenic bacteria. J Korean Acad Oral Health 2017;41:65-70.
- Jang JH, Kim YI, Lee H. Antimicrobial activity of *Prunus mume* extract to oral microbes. J Korean Soc Dent Hyg 2014;14:109-115.
- Lee DS, Woo SK, Yang CB. Studies on chemical composition of major fruits in Korea : On non-volatile organic acid and sugar contents of apricot (maesil), peach, grape, apple and pear and its seasonal variation. Korean J Food Sci Technol 1972;4:134-139.
- ten Cate JM, Imfeld T. Dental erosion, summary. Eur J Oral Sci 1996;104(2 (Pt 2)):241-244.
- Zero DT. Etiology of dental erosion—extrinsic factors. Eur J Oral Sci 1996;104(2 (Pt 2)):162-177.
- Lussi A, Schaffner M. Progression of and risk factors for dental erosion and wedge-shaped defects over a 6-year period. Caries Res 2000;34:182-187.
- Choi DY, Shin SC. A study on pH of several beverages in Korea. J Korean Acad Oral Health 1996;20:399-410.
- Lee HJ. Erosive effect of hangover beverages on bovine teeth [Master's thesis]. Gwangju:Chonnam National University;2011. [Korean].
- Chunmuang S, Jitpukdeebodindra S, Chuenarrom C, Benjakul P. Effect of xylitol and fluoride on enamel erosion *in vitro*. J Oral Sci 2007;49:293-297.
- Ramalingam L, Messer LB, Reynolds EC. Adding casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate to sports drinks to eliminate *in vitro* erosion. Pediatr Dent 2005;27:61-67.
- West NX, Hughes JA, Parker DM, Newcombe RG, Addy M. Development and evaluation of a low erosive blackcurrant juice drink 2. Comparison with a conventional blackcurrant juice drink and orange juice. J Dent 1999;27:341-344.
- Scheutzel P. Etiology of dental erosion—intrinsic factors. Eur J Oral Sci 1996;104(2 (Pt 2)):178-190.
- Johansson AK, Lingström P, Birkhed D. Comparison of factors potentially related to the occurrence of dental erosion in high-and

- low-erosion groups. *Eur J Oral Sci* 2002;110:204-211.
18. Attin T, Meyer K, Hellwig E, Buchallar W, Lennon AM. Effect of mineral supplements to citric acid on enamel erosion. *Arch Oral Biol* 2003;48:753-759.
  19. Larsen MJ. Prevention by means of fluoride of enamel erosion as caused by soft drinks and orange juice. *Caries Res* 2001;35:229-234.
  20. Larsen MJ, Nyvad B. Enamel erosion by some soft drinks and orange juices relative to their pH, buffering effect and contents of calcium phosphate. *Caries Res* 1999;33:81-87.
  21. Shellis RP, Barbour ME, Jesani A, Lussi A. Effects of buffering properties and undissociated acid concentration on dissolution of dental enamel in relation to pH and acid type. *Caries Res* 2013;47:601-611.
  22. Thylstrup A, Fejerskov O. *Textbook of clinical cariology*. 2nd ed. Copenhagen:Munksgaard;1994:231-257, 288-299.
  23. Rytömaa I, Meurman JH, Koskinen J, Laakso T, Gharazi L, Turunen R. In vitro erosion of bovine enamel caused by acidic drinks and other foodstuffs. *Scand J Dent Res* 1988;96:324-333.
  24. Ji SG. *New Food Additive theory and reality*. 3th ed. Seoul:The Food Journal;2008:114-115.
  25. Lee HJ, Oh HN, Hong SJ, Choi CH. Effect of hangover beverage containing fluoride and calcium on enamel erosion. *J Korean Acad Oral Health* 2012;36:177-184.
  26. Gregory-Head B, Curtis DA. Erosion caused by gastroesophageal reflux: diagnostic considerations. *J Prosthodont* 1997;6:278-285.
  27. Ahn HY, Lee KH, Kim DE. Erosion of tooth enamel by acidic drinks and remineralization by artificial saliva. *J Korean Acad Pediatr Dent* 2002;29:84-91.
  28. Woltgens JH, Vingerling P, de Blicke-Hogervorst JM, Bervoets DJ. Enamel erosion and saliva. *Clin Prev Dent* 1985;7:8-10.
  29. Amaechi BT, Higham SM, Edgar WM, Milosevic A. Thickness of acquired salivary pellicle as a determinant of the sites of dental erosion. *J Dent Res* 1999;78:1821-1828.
  30. Shim JH, Jeong TS, Kim S. A study on the enamel erosion by fermented milks. *J Korean Acad Pediatr Dent* 2004;31:555-563.