

시판 매실음료가 상아질 표면에 미치는 영향

황소라¹, 김지은¹, 정기호^{1,2}, 최충호^{1,2}

전남대학교 치의학전문대학원 ¹예방치과학교실, ²치의학연구소

Effects of commercial plum beverage on the dentin surface of bovine teeth

So-Ra Hwang¹, Ji-Eun Kim¹, Ki-Ho Chung^{1,2}, Choong-Ho Choi^{1,2}

¹Department of Preventive & Public Health Dentistry,

²Dental Science Research Institute, School of Dentistry, Chonnam National University, Gwangju, Korea

Received: November 12, 2019

Revised: December 4, 2019

Accepted: December 9, 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 investigated the effects of commercial plum beverage on the dentin surface that could be exposed to caries, gliopathy, and abrasion to investigate the inhibitory effects of dentin corrosion.

Methods: The experimental beverages were Jeju Samdasoo (Group 1, negative control), Coca-Cola (Group 2, positive control), Chorok Maesil (Group 3), and Chorok Maesil with 3% calcium lactate added (Group 4). The specimens were prepared and divided into 4 groups of 12 each. The pH of the experimental beverages was measured using a pH meter, and specimen surface hardness was assessed according to the Vickers hardness number (VHN). The specimens were immersed in the experimental beverage for 1, 3, 5, 10, and 15 minutes. Then, we obtained the average VHN by measuring surface microhardness. Measures of surface microhardness were compared using the paired t-test before and after 15 minutes of immersion in each of the four beverages. Between-group differences in surface microhardness were compared using one-way analysis of variance and the Tukey test after the analysis.

Results: After 15 minutes of immersion in the experimental beverages, there was no significant difference in surface microhardness in group 1 ($P>0.05$). There were significant differences in groups 2, 3, and 4 ($P<0.05$). The difference in surface microhardness before and after immersion for 15 minutes was highest in group 3 (-18.1 ± 2.55), followed by group 2 (-13.0 ± 3.53) and group 4 (-7.79 ± 4.47). In group 1, the difference was -1.52 ± 4.30 . Moreover, there was a significant difference in each group ($P<0.05$). After 10 minutes of immersion, surface microhardness tended to rapidly decrease.

Conclusions: Patients who regularly ingest a commercially available plum drink with low pH should be provided dietary guidance on the risk of dental erosion. Calcium additives should be considered when producing plum beverage products.

Key Words: Acid drink, Dentin, Erosion, Plum beverage

서론

우리나라의 국민소득이 향상되면서 음식문화의 변화와 함께 건강에 대한 욕구가 증가하고 있다. 음료시장은 차별화·세분화가 이루어져 특정 세대, 연령별 소비자의 욕구를 충족시키기 위한 제품개발이

이루어지고 있으며 일상적인 음료 섭취에서도 소비자는 자신의 기호에 맞으면서 건강에 좋은 음료를 찾고 있다^{1,2)}. 최근 국내음료 시장은 건강에 대한 소비자들의 관심이 높아짐에 따라 탄산음료섭취는 감소하고, 차 음료나 건강 기능성 음료를 소비하는 사람들이 꾸준히 증가하는 추세를 보이고 있다^{3,4)}.

혼합음료 및 과채음료의 원료 중 매실은 유기산과 무기질이 많이 포함되어 있어 어릴 적엔 malic acid가 풍부하고 성숙하면서 citric acid가 증가한다. 그리고 oxalic acid, succinic acid, fumaric acid 등 여러 산이 포함되어 있는데 이러한 유기산들은 식욕촉진 및 위액분비를 증가시켜 소화 활동과 피로회복을 도와주는 효과가 있다고 알려져 있다^{6,7)}. 뿐만 아니라, 매실은 rutin이라는 물질을 함유하고 있어 혈관계 질환의 치료와 모세혈관 강화, 항염증 효과가 있으며, 항산화 효능을 발휘한다고 보고되고 있다^{6,8)}. 또한 Lee와 Chung⁹⁾의 연구에서는 *Streptococcus mutans* 및 *Streptococcus sobrinus*에 대한 매실 추출물의 항균효과를 보고하였다.

그러나 다량의 유기산을 함유한 매실을 원료로 하는 매실 음료는 pH가 낮아 치아부식증의 원인이 될 수 있으며 이는 법랑질 뿐만 아니라 상아질에도 영향을 미칠 수 있다. Choi와 Shin¹⁰⁾의 연구에서 우리나라 시판 과즙음료의 평균 pH는 3.29, 탄산음료의 평균 pH는 2.96, 이온음료의 평균 pH는 3.15로 대부분의 음료가 산성을 띄는 것으로 보고하였다. Oh와 Lee¹¹⁾는 pH가 낮은 에너지음료가 치아 표면미세경도를 감소시켜 치아부식을 유발한다고 설명하였고, Attin 등¹²⁾과 Sánchez 등¹³⁾도 낮은 pH의 음료섭취 시 치아부식증의 위험성을 언급하였다.

2000년 보건복지부에서 시판 음료 중 매출액이 많은 탄산음료, 과채음료, 혼합음료 등 3품목 42개 제품을 대상으로 음료안전성실태조사가 시행되었다. 그 결과 42종 음료의 pH는 2.4-6.2이었고, 조사 음료 중 90.5%가 pH 5.5 미만으로 나타났으며, 평균 pH는 3.5로 낮게 나타나 음료 섭취로 인한 치아손상 가능성이 있는 것으로 보고하였다¹⁴⁾.

이번 연구에서는 시판 중인 매실음료가 상아질에 미치는 영향을 알아보고자 실험군으로 Kim⁵⁾의 연구를 바탕으로 매실음료 중 판매량이 높은 매실음료 1종과 매실음료에 칼슘을 첨가한 음료 그리고 양성대조군으로 Youn¹⁵⁾과 Choi 등¹⁶⁾의 연구결과를 바탕으로 코카콜라를 선정하였으며, 음성대조군으로는 제주 삼다수를 선정하여 실험음료가 상아질에 미치는 영향을 연구하였다.

연구대상 및 방법

1. 연구재료

1.1. 실험음료

현재 시판되고 있는 매실음료 중 매실함량 6%의 초록매실을 실험음료로 사용하였으며, 칼슘 첨가 후 치아부식억제효과를 알아보기 위해 초록매실 100 ml에 3 g의 젖산칼슘(Calcium DL-Lactate, Pentahydrate, Duksan Pharmaceutical CO., Ltd., Ansan, Korea)을 첨가하여 침전물이 생기지 않도록 1시간 이상 교반 후 실험에 이용하였다. 음성대조군으로는 제주 삼다수, 양성대조군은 코카콜라를 포함하여 총 4군의 실험군을 선정하였다(Table 1).

2. 연구방법

2.1. 실험음료의 특성분석

(1) pH 및 적정산도 측정: 각 실험음료는 실온 25°C에서 6시간 동안 보관 후 측정 직전에 개봉하여 사용하였다. 탄산음료는 탄산가스 방출을 위해 1시간 이상 교반 후 측정하였으며, 젖산칼슘 3 g이 첨가된 실험군은 측정하는 동안 200 rpm으로 교반하였다.

pH 측정은 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 보정하였다. 보정 후 각 실험음료는 20 ml씩 동일한 비커에 담아 측정하였다. 실험음료의 적정산도는 1 M의 NaOH (Sodium hydroxide, Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)를 첨가하여 pH가 5.5와 7.0에 도달할 때까지의 1 M NaOH 양을 측정하였다. 균일한 혼합을 위해 200 rpm으로 교반하면서 측정하였고, 모든 측정은 3회씩 반복하였다.

2.2. 시편 제작

시편을 제작하기 위해 소의 전치를 사용하였는데 소의 경우 상악 전치는 존재하지 않으므로 24-30개월령의 소의 하악에서 연구절치를 발거 후 흐르는 증류수에 세척하여 사용하였다. 시편으로 제작하기 전까지 3%의 포르말린(Formalin, Daejung Energy Materials CO., Ltd., Incheon, Korea)에 보관하였다. 시편제작을 위해 우치를 흐르는 증류수로 세척하고 표면이 건전한 우치로부터 직경 5 mm 원통형 법랑질 시편을 취득하였다. 취득한 시편은 아크릴 봉에 자가중합형 레진을 이용하여 포매하고, #60, #600, #1200 연마지(CarbiMet, Buehler, Lake Bluff, IL, USA)를 이용하여 상아질이 노출될 때까지 순차적으로 연마하였다.

2.3. 표면미세경도 측정

표면미세경도는 표면미세경도기(HMV-G21, Dong-il SHIMADZU Corp, Tokyo, Japan)를 이용하였다. 상아질 시편의 표면미세경도 측정 시 하중은 Hwang 등¹⁷⁾의 연구를 참조하여 200 gf로 설정하였으며 압입시간은 10초로 하여 예비실험을 시행하였다. 그 결과 값을 바탕으로 상아질 시편 가장자리에서 0.5 mm 안쪽의 상·하·좌·우 4 부위를 200 gf 하중으로 10초간 압입하고, 400배 배율에서 압흔의 크기를 Vickers hardness number (이하 VHN)로 측정하였다. 표면미

Table 1. Test groups used in the experiment

Group	Brand name	Classification	Manufacture
1	Jeju Samdasu	Mineral water	Jeju Province Development Corporation
2	Coca Cola	Carbonated Beverage	Coca-Cola Beverage Company
3	Chorok maesil	Fruit and Vegetable Beverage	Woongjin Co., Ltd.
4	Chorok maesil +3% Ca	-	-

세경도가 60.07-71.87 VHN 범위의 48개 시편을 군 당 12개씩 4개의 군으로 선정하였다. 4부위의 평균값을 시편의 표면미세경도로 사용하였고, 상아질 시편의 표면미세경도의 범위는 66.42-66.85 VHN이었다.

2.4. 음료 침지

실험음료는 사용 6시간 전 실온 25℃에 방치한 후 침지직전에 개봉하였다. 48개의 시편을 4개의 군으로 분배하고, 준비된 실험음료는 20 ml씩 3개의 동일한 용기에 분주한 후 각각 4개의 시편을 침지하여 각 군당 총 12개의 시편을 침지하였다. 침지 시간은 1분, 3분, 5분, 10분, 15분 동안 침지 후 흐르는 증류수로 30초 동안 세척하였다. 탄산음료는 실험 전 1시간 이상 교반하여 탄산가스 제거 후 시편을 침지하였고, 젖산칼슘(Calcium DL-Lactate, Pentahydrate, Duksan Pharmaceutical CO., Ltd., Ansan, Korea) 3% 첨가군은 200 rpm으로 교반하면서 침지하였다.

2.5. 음료 침지 후 평가

(1) 표면미세경도 측정: 상아질 시편을 실험음료에 1분, 3분, 5분, 10분, 15분 동안 침지 후 표면미세경도기(HMV-G21, Dong-il SHI-MADZU Corp, Tokyo, Japan)를 이용하여 침지 전 측정부위의 인접한 상·하·좌·우 4부위에서 표면미세경도를 측정하여 각각의 평균을 구하였다.

2.6. 자료 분석

4군의 실험음료에 침지 전과 15분 후 표면미세경도는 Paired t-test를 사용하여 비교하였으며, 군간의 표면미세경도 차이는 One way ANOVA를 시행하여 비교하였으며, 사후분석은 Tukey test를 시행하였다. 통계분석은 SPSS (Statistical Packages for Social Science 23.0, IBM Co., Armonk, NY, USA) 통계 프로그램을 이용하였다.

통계적 유의수준은 0.05로 설정하였다.

연구 성적

1. 실험음료의 특성

1.1. pH 및 적정산도

4종의 실험음료 중 2군이 pH 2.42±0.01로 가장 낮았고, 3군(2.73±0.00), 4군(4.09±0.04), 1군(7.65±0.09) 순으로 낮게 나타났다. 실험음료의 평균 pH는 3.07±0.78이었다. 실험음료의 적정산도는 pH 5.5에서 2군(0.10±0.00 ml), 3군(0.61±0.03 ml), 4군(0.67±0.01 ml) 순으로 낮게 나타났고, pH 7.0에서는 2군(0.13±0.06 ml), 4군(0.73±0.01 ml), 3군(0.75±0.03 ml) 순으로 낮게 나타났다. 실험음료의 평균 적정산도는 pH 5.5에서 0.46±0.27 ml, pH 7.0에서 0.53±0.31 ml이었다(Table 2).

2. 음료 침지 후 상아질 표면미세경도 변화

각 음료군에서 15분간 침지 전과 후의 표면미세경도 변화를 살펴 보았을 때 1군에서는 유의한 차이가 없었으며($P>0.05$), 2군, 3군, 4군에서는 유의한 차이가 있었다($P<0.05$). 각 군간 15분 실험음료 침지 전·후의 표면미세경도차(ΔVHN)를 비교하였을 때, 표면경도차이값은 3군(-18.1±2.55)이 가장 높았고, 2군(-13.0±3.53), 4군(-7.79±4.47), 1군(-1.52±4.30) 순으로 나타났으며 각 군별 유의한 차이가 있었다($P<0.05$, Table 3).

실험음료 침지 전과 침지 15분 후의 표면미세경도 감소율(%)을 비교하였을 때 3군(-27.19±3.04)에서 가장 큰 감소율을 보였고, 2군(-19.43±4.78), 4군(-11.75±6.90), 1군(-2.25±6.40) 순으로 나타났으며, 침지 전·후 표면미세경도 감소율(%)은 다음 식으로 계산하였다.

$$\text{감소율(\%)} = \frac{\text{침지 전 표면미세경도} - \text{침지 후 표면미세경도}}{\text{침지 전 표면 미세 경도}} \times 100$$

침지 시간에 따른 시편의 표면미세경도 변화양상을 살펴보았을 때 2군, 3군, 4군에서 시간이 지남에 따라 감소양상을 보였고 10분 이상 경과시 감소양상이 좀 더 크게 증가하는 것을 볼 수 있었다(Fig. 1).

Table 2. The pH and titratable acidity of experimental groups

Group	pH	Titratable acidity (ml)	
		pH 5.5	pH 7.0
1	7.65±0.09	-	-
2	2.40±0.06	0.10±0.00	0.13±0.06
3	2.73±0.00	0.61±0.03	0.75±0.03
4	4.09±0.04	0.67±0.01	0.73±0.01

All values are mean±standard deviation.

Group: 1, Jeju Samdasoo; 2, Coca Cola; 3, Chorok Maesil; 4, Chorok Maesil+3% Ca.

Table 3. Difference in dentin surface microhardness after treatment for 15 minutes
Unit: Vickers hardness number

Group	N	Treatment			
		Before (0 min)	After (15 min)	Difference [†]	Reduction rate (%)
1	12	66.85±2.17	65.33±4.62	-1.52±4.30 ^a	2.25±6.40
2*	12	66.64±2.97	53.61±2.60	-13.0±3.53 ^c	19.43±4.78
3*	12	66.42±3.15	48.32±2.12	-18.1±2.55 ^d	27.19±3.04
4*	12	66.55±2.45	58.76±5.33	-7.79±4.47 ^b	11.75±6.90

All values are mean±standard deviation.

Group: 1, Jeju Samdasoo; 2, Coca Cola; 3, Chorok Maesil; 4, Chorok Maesil+3% Ca.

* $P<0.05$, by Paired t-test. [†] $P<0.05$, by One way ANOVA.

^{a,b,c,d}The same letter indicates no significant difference by Tukey test.

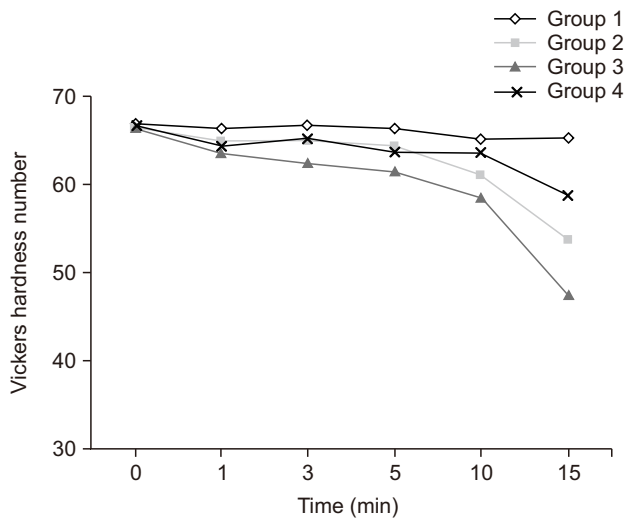


Fig. 1. Change of dentin surface microhardness by treatment time (Group: 1, Jeju Samdasoo; 2, Coca Cola; 3, Chorok Maesil; 4, Chorok Maesil+3% Ca).

고 안

치아부식이란 세균의 개입없이 산에 의해 발생한 비가역적 치아 경조직소실을 의미하고 산성음식이나 산성음료는 치아부식의 외인성 요인으로 작용할 수 있다¹⁸⁾. Sánchez 등¹³⁾은 pH가 낮은 음료를 많이 섭취할수록 치아부식증의 가능성이 크다고 보고하였으며, Lussi 등¹⁹⁾은 과일산을 함유하는 음료가 부식에 더 큰 영향을 주었다고 보고하였다. 매실은 섬유소와 미네랄이 풍부할 뿐만 아니라 유기산이 많이 함유된 과실로, 레몬이나 감귤에 비해 많은 유기산을 함유하고 있어²⁰⁾ 매실을 원료로 하는 음료의 pH가 낮을 것으로 예상할 수 있었다. 이에 시판 매실음료가 상아질에 미치는 영향과 상아질 부식을 억제하는 방법을 알아보고자 하였다.

음료의 특성상 1회 섭취 시에 구강 내 잔류시간이 1분 미만²¹⁾인 것을 고려하여 매실음료가 법랑질에 미치는 영향을 알아보기로 한 Kim⁵⁾의 연구에서 시편이 음료에 노출되는 최소 시간을 1분으로 하여 시행하였다. 이를 참고하여 이번 연구에서도 상아질 시편의 음료 노출 최소 적정시간을 1분으로 정하였다. Kim⁵⁾, Shin과 Kim²¹⁾ 및 Kim²²⁾ 등 법랑질 시편을 사용한 여러 선행 연구에서 치아의 부식정도에 유의한 결과 도출을 위한 적정 노출시간을 30분으로 판단하였다. 그러나 법랑질과 상아질은 조직학적, 화학적 성질에서 많은 차이를 나타낸다²³⁾. 법랑질은 96%의 무기질과 4%의 유기질 및 수분으로 구성되어 있고, 상아질은 70% 무기질과 20% 유기질, 10%의 수분으로 이루어져 있다²⁴⁾. Hoppenbrouwers 등²⁵⁾은 상아질이 법랑질에 비해 더 용해도가 높아 같은 농도의 산에 노출되었을 때 상아질의 탈회와 법랑질에 비해 빨리 진행된다고 보고하였다.

이번 연구의 예비실험에서 노출시간을 1분, 3분, 5분, 10분, 15분, 30분으로 하여 상아질 시편을 실험음료에 침지 후 표면미세경도를 측정하였으나, 30분 노출 시 표면미세경도 측정이 어려웠다. 이러한 결과는 선행 연구에서 언급된 법랑질과 상아질의 조직학적, 화학적 차이

로 인한 것이라 생각되었다. 따라서 상아질 시편의 적정 노출시간을 15분으로 하였으며, 상아질 시편을 4종의 실험음료에 1분, 3분, 5분, 10분, 15분 침지 후 표면미세경도변화를 관찰하였다. 표면미세경도는 상아질에서 200 gf의 하중으로 측정된 Hwang 등¹⁷⁾의 연구를 참조하여 200 gf의 하중으로 설정하였고, 10초간 압인하여 측정하였다.

pH는 치아의 부식 능력을 예측할 수 있는 주요한 요인²⁶⁾으로 작용하는 것으로 알려져 있으며, Reddy 등²⁷⁾은 음료의 pH가 4.0 이상일 때 치아 부식 영향은 크지 않지만 pH 3.0-3.9에서는 치아 부식이 유발되며 pH 3.0보다 낮을 경우 심한 치아 부식 유발 가능성을 보고하였다. 이번 연구에서 실험음료로 선정된 매실음료는 pH 2.73 ± 0.00 으로 상아질 표면의 부식 가능성을 예상할 수 있었다.

Jang²⁸⁾의 연구에서 콜라(1군), 사이다(2군), 오렌지주스(3군) 3종의 실험음료에 법랑질과 상아질 총 60개의 시편을 각각 5분 동안 침지하여 표면미세경도(VHN)를 측정하였다. 그 결과 5분 침지 후 상아질 표면미세경도 감소율(%)이 1군 17.14 ± 3.42 로 가장 큰 감소율을 나타냈고, 3군 13.82 ± 3.50 , 2군 13.89 ± 3.18 순이었음을 보고하였다. 또한 Jang²⁸⁾은 단 5분간의 접촉만으로도 치아표면이 악화되는 결과로 볼 때 우식증, 교모증 및 마모증과 복합적으로 작용하는 경우 치질의 파괴는 급속하게 진행될 수 있음을 언급하였다. 이번 연구에서는 적정 노출 시간을 15분으로 설정하였으며 4종의 실험음료에 15분 침지 후 관찰한 상아질 표면미세경도 감소율(%)은 3군 매실음료에서 27.19 ± 3.04 로 가장 큰 감소율을 보였으며 2군 콜라 19.43 ± 4.78 , 4군 젓산칼슘 첨가한 매실음료 11.75 ± 6.90 , 1군 삼다수 2.25 ± 6.40 순으로 나타났다. 이러한 결과는 Jang²⁸⁾의 연구와 비교해 볼 때 pH가 더 낮은 콜라보다 매실음료에 침지한 경우 더 큰 표면미세경도 감소율을 보여 다른 결과를 보였다. 이는 매실음료의 경우 pH는 2.73으로 콜라보다 약 0.33정도 높지만 음료에 첨가된 다양한 유기산들의 작용과 콜라보다 높은 적정산도로 인해 콜라보다 높은 표면미세경도감소를 유발한 것으로 생각된다.

젓산칼슘 3 g을 첨가한 매실음료에서는 젓산칼슘 첨가 전·후의 pH가 2.73 ± 0.00 에서 4.09 ± 0.04 로 다소 높아졌으며, 상아질 부식 억제 양상을 확인할 수 있었다. 이는 낮은 pH의 매실음료의 상아질 부식 가능성과 젓산칼슘 첨가 시 상아질부식의 감소를 예상할 수 있었으며 젓산칼슘 3 g을 첨가한 매실음료의 침지 후 법랑질의 표면미세경도변화를 관찰한 Kim⁵⁾의 연구와 유사한 결과이었다. 침지 시간에 따른 상아질 표면미세경도의 변화는 10분 이상 노출된 경우 표면미세경도가 급속하게 낮아지는 양상을 보였다. 또한 실험음료에 침지 전과 침지 15분 후의 표면미세경도차는 3군, 2군, 4군, 1군 순으로 낮아진 결과를 통해 상아질에서 콜라보다 매실음료가 더 부식에 영향을 미쳤으며 생수와 젓산칼슘 3 g을 첨가한 매실음료 침지 후 표면미세경도가 유의한 차이를 보여 Kim⁵⁾의 연구와 다른 결과로 나타났다. 이러한 결과로 볼 때 상아질에는 유기질 성분이 법랑질보다 많이 존재하기 때문에 치아 우식과 재광화에 영향을 줄 수 있는 것으로²³⁾ 생각할 수 있다.

최근 건강에 대한 관심이 커지면서 매실을 원료로 하는 음료는 일반적으로 탄산음료나 커피보다 건강에 이로울 것으로 생각될 수 있다. 하지만 낮은 pH의 매실음료는 치아 부식 유발 가능성이 있으며, 상아질이 노출된 상태에서 매실음료를 섭취할 경우 심각한 상아질 부식이

우려된다.

따라서 매실음료와 같은 산성음료 음용 시 치아부식의 가능성을 고려하여 섭취 횟수를 줄이거나 마시는 시간을 짧게 하고, 음료 섭취 후에는 바로 잇솔질을 하지 않고 물로 가볍게 행구어 구강 내 음료의 잔류를 줄이도록 관리하여야 한다⁵⁾. 또한 타액에 의한 재광화가 일어나도록 시간을 허용하고, 불소용액이나 재광화 용액을 사용하거나²³⁾, 산성음료의 pH를 높이고 부식 가능성을 줄일 수 있도록 칼슘을 첨가하는 등 적극적인 방안이 필요할 것이다. Song 등²⁹⁾은 구연산용액에 칼슘 0.05%, 0.1%, 0.2% 첨가에 따른 치아침식증 발생 억제효과를 연구하였으며, 그 결과 칼슘 첨가 0.2%에서 탈회억제 효과가 가장 크게 나타났다. 현재 유산칼슘(calcium lactate)과 다양한 종류의 칼슘화합물이 첨가제로 사용되고 있으나 산성음료에 첨가하기 적합한 칼슘화합물 종류와 적정 농도에 대한 더 많은 연구가 필요할 것이다²⁹⁾.

연구의 제한점을 살펴보면, 소의 하악 절치를 이용하여 제작한 시편으로 실험을 시행하였기에 타액의 자정작용이나, 치면세균막의 완충능, 구강위생상태와 같은 환경적 요소가 고려되지 않았다. 또한 음료를 섭취하는 방법, 횟수, 음료가 구강에 잔류하는 시간에 따라 영향을 받을 수 있다. 매실음료에 노출된 상아질 표면의 변화를 알아보고자 하였으나 사람의 구강에서 여러 원인으로 노출된 상아질 표면과 우치 법랑질 표면을 인위적으로 연마하여 노출시킨 상아질 표면의 부식 양상에는 차이를 예상할 수 있다. Amaechi 등³⁰⁾은 우치의 경우 사람의 치아보다 다공성을 가지고 있어 빠르게 부식될 수 있음을 언급하였다. 이러한 내용들을 고려하였을 때 이번 연구의 우치 상아질의 부식 양상은 다소 과장된 결과로 생각되었다.

따라서 후속 연구에서는 사람의 구강 환경과 섭취방법, 횟수 등을 고려하여 *in situ* 방식의 실험이 필요하며, 매실음료를 비롯한 건강음료의 다양한 성분이 상아질에 미치는 영향과 상아질 부식을 억제하기 위한 첨가물에 대한 정량적 연구가 필요할 것으로 생각된다.

결론

이번 연구는 시판되고 있는 매실음료가 상아질에 미치는 영향을 알아보기 위해 시행하였다. 매실음료 중 매실함량 6%의 초록매실을 실험 음료로 사용하였으며, 칼슘 첨가 후 치아부식 억제 효과를 알아보기 위해 3%의 젖산칼슘을 초록매실에 첨가하여 실험에 이용하였다. 음성대조군으로는 제주 삼다수, 양성대조군은 코카콜라를 포함하여 총 4군을 선정하였다.

실험음료의 pH 및 적정산도를 측정하였고, 상아질의 부식 양상을 관찰하기 위해 건전한 시편을 1분, 3분, 5분, 10분, 15분 동안 실험음료에 침지하였으며, 침지 후 표면미세경도(Vickers hardness number, VHN) 측정 결과는 다음과 같다.

1. 실험음료 4종 중 2군의 pH가 2.40 ± 0.01 로 가장 낮게 나타났으며, 3군(2.73 ± 0.00), 4군(4.09 ± 0.04), 1군(7.65 ± 0.09) 순으로 나타났다.

2. 실험음료의 적정산도 pH 5.5는 2군(0.10 ± 0.00), 3군(0.61 ± 0.03), 4군(0.67 ± 0.01) 순으로, 적정산도 pH 7.0의 경우 2군(0.13 ± 0.06), 4군(0.73 ± 0.01), 3군(0.75 ± 0.03) 순으로 낮게 나타났다.

3. 음료 침지 전과 음료 침지 15분 후의 표면미세경도는 1군은 유의한 차이가 없었으며($P > 0.05$), 2군, 3군, 4군에서는 유의한 차이가 있었다($P < 0.05$). 각 군별 15분 실험음료 침지 전·후의 표면미세경도 값의 차이(ΔVHN)는 3군(-18.1 ± 2.55)이 가장 높았고, 2군(-13.0 ± 3.53), 4군(-7.79 ± 4.47), 1군(-1.52 ± 4.30) 순으로 나타났으며 각 군별 유의한 차이가 있었다($P < 0.05$).

4. 실험음료 침지 전과 침지 15분 후의 표면미세경도 감소율(%)은 3군(-27.19 ± 3.04)에서 가장 큰 감소율을 보였고, 2군(-19.43 ± 4.78), 4군(-11.75 ± 6.90), 1군(-2.25 ± 6.40) 순으로 나타났다.

5. 침지 시간에 따른 시편의 표면미세경도값은 2군, 3군, 4군에서 점차 감소하였고, 10분 경과 시 표면미세경도 감소 양상이 급속하게 증가하였다.

이상과 같이 이번 실험에 사용한 매실음료는 상아질 부식을 유발할 가능성이 있고 칼슘을 첨가하는 경우 상아질 부식위험성을 낮출 수 있는 것으로 나타났다. 따라서 pH가 낮은 시판 매실음료 섭취시 치아 부식의 위험성에 대한 식이지도가 필요하고, 매실음료 제품제조시 칼슘첨가와 같은 방안을 고려할 필요가 있다고 생각된다.

ORCID

So-Ra Hwang, <https://orcid.org/0000-0003-0274-1737>

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

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

References

- Bae HS. A study on the Awareness of Fermented Vegetable Beverage by Gender. J Korean Soc Food Sci Nutr 2013;42:318-323.
- Lee HJ. A social-cultural investigation of beverages and analysis of the factors that influence beverage consumption [Doctoral dissertation]. Seoul:Yonsei University;2001. [Korean].
- Kim HK. Products and consumer factors affecting consumer acceptability of commercial beverages [Master's thesis]. Seoul:Ewha Womens University;2012. [Korean].
- Cho HY, Chung SJ, Kim HS, Kim KO. Effect of sensory characteristics and non-sensory factors on consumer liking of various canned tea products. J Food Sci 2005;70:532-538.
- Kim JE. The effects of the commercial plum beverage on enamel surface of bovine tooth [Master's thesis]. Gwangju:Chonnam National University;2019. [Korean].
- Park HJ, Kim MM, Oh YH. Effect of fruit extract of *Prunus mume* on the scavenging activity of reactive oxygen species and melanin production in B16F1 cells. J Life Sci 2012;22:936-942.
- Cha HS, Hwang JB, Park JS, Park YK, Jo JS. Changes in chemical composition of Mume (*Prunus mume* Sieb. et Zucc) fruits during maturation. Korean J Food Preserv 1999;6:481-487.
- Havsteen B. Flavonoids, a class of natural products of high pharmacological potency. Biochem Pharmacol 1983;32:1141-1148.
- Lee JS, Chung KH. Antimicrobial effect of *Prunus mume* extracts against cariogenic bacteria. J Korean Acad Oral Health 2017;41:65-70.
- Choi DY, Shin SC. A study on pH of several beverages in Korea. J Korean Acad Oral Health 1996;20:399-410.
- Oh HN, Lee HJ. The effect of energy drink on enamel erosion. J

- Dent Hyg Sci 2015;15:419-423.
12. Attin T, Weiss K, Becker K, Buchalla W, Wiegand A. Impact of modified acidic soft drinks on enamel erosion. *Oral Dis* 2005;11:7-12.
13. Sánchez GA, Fernandez De Preliasco MV. Salivary pH changes during soft drinks consumption in children. *Int J Paediatr Dent* 2003;13:251-257.
14. Korea Consumer Agency. Beverages safety survey. Eumseong:Korea Consumer Agency;2000:16-20.
15. Youn HJ. Surface microhardness changes caused by commercial drinks on sound enamel of bovine teeth [Master's thesis]. Gwangju:Chonnam National University;2006. [Korean].
16. Choi CH, Youn HJ, Noh HJ, Hong SJ. Surface microhardness changes caused by Coca-cola on sound enamel of bovine teeth. *J Korean Acad Oral Health* 2008;32:152-159.
17. Hwang SS, Im MK, Lee YK. Regional micro-shear bond strength to dentin:effects of dentinal hardness, position, and remaining dentin thickness. *Restor Dent Endod* 1998;23:401-412.
18. Cheon JD, Cho EA, Park HB, Choi YJ, Kim HJ, Lee JS, et, al. Influence of beverage type and ingestion time on tooth corrosion. *Korean J Dent Mater* 2018;45:169-178.
19. Lussi A, Jaeggi T, Jaeggi-Schärer S. Prediction of the erosive potential of some beverages. *Caries Res* 1995;29:349-354.
20. 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.
21. Shin YH, Kim YJ. Study on the primary tooth enamel erosion caused by children beverage. *J Korean Acad Pediatr Dent* 2009;36:227-236.
22. Kim DE. The effects of commercial red ginseng beverage on bovine enamel surface [Master's thesis]. Gwangju:Chonnam National University;2016. [Korean].
23. Park JW, Hur B, Lee CY. The effects of the degree of saturation of acidulated buffer solutions in enamel and dentin remineralization and AFM observation of hydroxyapatite crystals. *Restor Dent Endod* 2000;25:459-473.
24. Choi JY, Sim YS. Effect of bleaching on human teeth and reduced treatment on negative influence. *J Korean Soc Dent Hyg* 2006;6:481-493.
25. Hoppenbrouwers PM, Driessens FC, Borggreven JM. The mineral solubility of human tooth roots. *Arch Oral Biol* 1987;32:319-322.
26. 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.
27. Reddy A, Norris DF, Momeni SS, Waldo B, Ruby JD. The pH of beverages in the United States. *J Am Dent Assoc* 2016;147:255-263.
28. Jang KT. A study of the influences of acidic beverages on erosion of enamel and dentin. *J Korean Acad Pediatr Dent* 1997;24:719-726.
29. Song IG, Lee KH, Kim DE, Yang YS. Effect of citric acid and calcium on dental erosion. *J Korean Acad Pediatr Dent* 2005;32:454-460.
30. 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.