

## 구연산을 함유한 시판 차음료가 치아 표면에 미치는 영향

정기호

연세대학교 치과대학 예방치과학교실

## Effects of commercial tea beverages containing citric acid on tooth surfaces

Ki-Ho Chung

Department of Preventive Dentistry and Public Oral Health, Yonsei University College of Dentistry, Seoul, Korea

Received: September 13, 2017

Revised: September 15, 2017

Accepted: September 16, 2017

Corresponding Author: Ki-Ho Chung

Department of Preventive Dentistry and  
Public Oral Health, Yonsei UniversityCollege of Dentistry, 50 Yonsei-ro,  
Seodaemun-gu, Seoul 03722, Korea

Tel: +82-2-2228-3070

Fax: +82-2-392-2936

E-mail: yspd8050@naver.com

**Objectives:** The purpose of this study was to evaluate the erosive potential of tea beverages containing citric acid on tooth surfaces.**Methods:** Specimens of extracted bovine teeth enamel were embedded in resin and polished. The specimens were subjected to one of three treatments (n=10 per treatment group): mineral water, brewed black tea, or black tea beverage. Tooth specimens were exposed to the treatment for 30 minutes and then analyzed using Vickers surface hardness testing and scanning electron microscopy.**Results:** After 30 minutes of treatment, there were statistically significant differences between the hardness of the enamel pre- and post-treatment in both, the brewed black tea and black tea beverage groups ( $P<0.05$ ). The differences in microhardness ( $\Delta$ VHN) were  $-71.49 \pm 14.99$ ,  $-9.05 \pm 10.25$ , and  $-2.43 \pm 15.44$  in the black tea beverage, brewed black tea, and mineral water groups, respectively. In the difference of microhardness ( $\Delta$ VHN) between groups, the black tea beverage group showed significantly greater changes than the brewed black tea and mineral water groups ( $P<0.05$ ). However, there was no significant difference between the brewed black tea group and the mineral water group ( $P>0.05$ ). On observation using a scanning electron microscope, the tooth surfaces exposed to the black tea beverage containing citric acid were rougher than the tooth surfaces in the other two groups.**Conclusions:** This study demonstrates the erosive potential of citric acid-containing tea beverages on tooth surfaces. Thus, there is need to caution people regularly consuming tea beverages containing citric acid, regarding the possibility of tooth surface erosion.**Key Words:** Citric acid, Dental erosion, Tea beverage

## 서론

건강에 대한 관심이 점차 커지면서 탄산이나 단 성분이 함유된 청량음료 대신 음용할 수 있는 차음료의 수요가 증가하고 있다<sup>1)</sup>. 차는 제조할 때 산화된 정도에 따라 완전 발효시킨 홍차, 반 발효시킨 우롱차, 발효시키지 않은 녹차, 앞의 세 가지와 다른 방법으로 제조하는 백차로 구분한다. 차의 약리효능으로 항산화, 항 고혈

당, 혈중 콜레스테롤 함량 감소 등의 여러 가지 전신건강 증진효과<sup>2-5)</sup>와 함께 구강건강과 관련하여 치아우식증의 예방효과 및 구강질환을 야기하는 치면세균막의 침착억제효과도 보고되었다<sup>6,7)</sup>.

차 잎으로 만든 차는 수천년 동안 사람들에게 기호음료로 애용되어 왔으며 현재 전세계에서 침출차, 액상차 등 다양한 형태로 판매되고 있다. 액상차는 청량음료와 같이 제조된 음료를 바로 섭취가 가능하기 때문에 수분공급과 갈증해소 등을 위해 간편하게 사

용할 수 있어 사람들의 소비가 꾸준히 증가하고 있다<sup>1)</sup>.

치아 경조직에 손상을 가져올 수 있는 대표적인 질환 가운데 하나로 치아부식증이 있다. 치아부식증은 세균과는 상관없이 화학적 작용에 의하여 치아 경조직이 소실되는 것을 말하며, 신 음식이나 산도가 낮은 음료의 섭취 등이 치아부식증의 주요한 요인으로 알려져 있다<sup>8,9)</sup>. 그동안 탄산음료, 과일 주스 및 스포츠 음료의 소비가 치아부식증의 발생률과 관련이 있다는 여러 선행 연구들이 있으며<sup>10-12)</sup>, 이러한 사실은 산성의 과일 음료섭취와 탄산음료의 소비가 치아부식증 발생률과 관련이 있다고 보고한 코호트 연구<sup>13)</sup>와 산성음료 섭취와 관련된 식이 습관이 치아부식증 발생 위험을 높일 수 있다는 메타분석 연구에서도 확인되었다<sup>14)</sup>.

그러나 치아부식증을 유발할 수 있는 구연산 등 식품 첨가물이 함유된 차음료 섭취시 치아부식증의 발생위험에 대해서는 그동안 연구가 제대로 이루어지지 못했다. 최근 보고된 미국에서 소비되는 음료들의 pH 조사결과를 살펴보면 미국에서 시판되고 있는 차음료 17 종류의 평균 pH가  $3.48 \pm 0.77$ 로 치아부식증을 유발할 수 있을 정도로 낮은 pH 농도를 갖고 있는 것으로 보고되었으나<sup>15)</sup> 실제로 이러한 차음료가 어떠한 영향을 미치는지에 대한 연구는 아직 이루어지지 못한 상태이다. 따라서 최근 소비가 증가하고 있는 국내 시판 차음료 가운데 구연산과 같은 식품 첨가물이 함유되어 pH가 낮아진 차음료의 경우 치아표면에 미치는 영향에 대한 연구가 이루어질 필요가 있다.

본 연구의 목적은 국내에서 시판되고 있는 차음료 가운데 구연산과 같은 식품첨가물이 사용되어 pH가 낮게 제조된 제품을 선정하여 이러한 차음료 섭취시 치아부식위험도를 알아보고, 그 위해성과 식이조절의 필요성에 대한 기초 자료를 제공하기 위해서 시행되었다.

## 연구재료 및 방법

### 1. 실험음료

실험군은 구연산을 함유하고 있으며 pH 값이 낮은 액상차 제품(액상차 음료군)으로 서편제 홍차(BSJEDA Co, Jeollanamdo, Korea)를 선정하였고, 식품첨가물이 함유되지 않은 티백 형태의 침출차 제품(티백 침출차군)으로 제조회사가 같은 유기농 아름다운 홍차(BSJEDA Co, Jeollanamdo, Korea)를 선정하였으며 음성대조군(생수군)으로는 생수 중에서 불소가 검출되지 않은 제주 삼

다수(Jeju special self-governing province development Co, Jeju, Korea)를 사용하였다(Table 1).

### 2. 실험방법

#### 2.1. 시편제작

육안상 우식소견이 없고 건전한 법랑질 표면을 가진 소의 상악 영구절치 순면에서 직경 5 mm의 원통형태의 법랑질 시편을 채득한 후 자가중합형 레진을 이용하여 시편의 법랑질 표면을 제외한 모든 면을 아크릴 봉에 포매하고, #60, #240, #600, #1200번 연마지(Carbimet, Buehler, Illinois, USA)와 감마산화알루미나를 시편의 법랑질 표면이 아크릴 봉에 대해 직각상태를 유지하는 상태로 순차적으로 사용하여 시편을 연마하였다. 연마된 시편은 미세경도 측정기(Fm-7, Future-tech Co, Tokyo, Japan)로 법랑질 표면의 상, 하, 좌, 우 네 부위에서 압인 방향에 대해 수직방향이 되도록 위치시킨 다음, 200 gf의 하중으로 10초 동안 압인한 후 400 배율에서 Vickers Hardness Number (VHN)를 측정하였다. 정상법랑질 표면경도 값이 260-330 VHN 범위에 해당하는 시편을 선택한 뒤 각 군당 10개씩 선정하였다.

#### 2.2. 시편처리

냉장 보관된 실험음료는 사용하기 6시간 전에 실온 25°C 방치한 뒤 사용 직전에 개봉하여 사용하였다. 30개의 시편을 3개의 군으로 분배 후 준비된 실험음료를 20 ml씩 동일한 용기에 나누어 구강 내 온도와 같은 37°C 배양기에서 10분동안 침지시킨 후 증류수로 30초 동안 세척하고 시편의 표면강도를 측정하였다. 자시 20분 동안 침지하여 총 30분 동안 침지한 후 증류수로 30초 동안 세척하여 시편의 표면강도를 측정하였다.

#### 2.3. 처리 후 시편의 평가

실험음료 처리전 표면미세경도측정기를 이용하여 VHN을 측정하였던 부위와 인접한 상, 하, 좌, 우 네 부위에서 실험 후의 표면경도 값을 측정한 후 실험음료 처리전과 후의 VHN의 차이를 평가하였다. 표면경도 측정 후 법랑질 표면의 상태변화를 관찰하고자 주사전자현미경(scanning electron microscopy, SEM; 108auto, JEOL, Tokyo, Japan)을 이용하였다. 백금으로 피복된 시편을 각각 접착테이프를 사용하여 시료대 위에 고정하고, 2 kV와 2 mA 하의 진공상태에서 1분 동안 2회 백금으로 피복시킨 시료를 사용하여 15 kV에서 10,000배와 50,000배의 배율로 법랑질의 표면을 관찰하였다.

#### 2.4. 통계분석

법랑질 시편은 실험음료 30분 처리 전과 후의 차이를 비교하기 위해 Paired t-test를 사용하였고 실험음료 30분 처리후 각 군간 표면미세경도값 차이를 비교하기 위해 One way ANOVA를 사용하였으며 Tukey test로 사후분석을 시행하였다. 또한 각 군별로 10분, 30분 시간변화에 따른 법랑질 표면 미세경도변화양상

Table 1. Materials used in the experiment

Group	pH	Brand name	Manufacturer
Mineral water	$7.41 \pm 0.03$	Jeju samdasu	Jeju special self-governing province development Co.
Brewed black tea	$5.33 \pm 0.04$	Organic beautiful black tea	BSJEDA Co.
Black tea beverage	$3.37 \pm 0.03$	Seopyeonje hongcha	BSJEDA Co.

을 비교하기 위해 Repeated measures ANOVA를 사용하였으며 Tukey test로 사후분석을 시행하였다. 통계분석은 SPSS (Statistical Packages for Social Science 21.0, Chicago, USA) 프로그램을 사용하였으며, 유의수준은 0.05로 설정하였다.

## 연구 성적

### 1. 실험음료 처리 전과 후의 표면미세경도 변화

시편의 실험음료 침지 전 표면 미세경도는 296.54-297.23 VHN으로 각 군에 통계적으로 유의한 차이가 없었다( $P>0.05$ , Table 2).

실험음료 침지 30분 후에 시편의 표면미세경도를 측정할 결과는 생수군을 제외한 나머지 티백 침출차군과 액상차 음료군에서 음료처리 전에 비해 측정값의 평균값이 감소하였으며 티백 침출차군과 액상차 음료군의 경우 실험음료 처리 전과 후의 미세경도 값을 비교하였을 때 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다( $P<0.05$ , Table 2). 실험음료 침지 30분 후의 표면미세경도 측정결과 생수군과 티백 침출차군에 비해서 액상차 음료군에서 유의하게 표면미세경도 값이 감소했다( $P<0.05$ , Table 2).

### 2. 실험음료 처리시 시간변화에 따른 표면미세경도변화 양상

실험음료에 처리시 시간변화에 따른 각 군의 표면미세경도변화 양상을 비교하면 생수군에 비해 티백 침출차군이, 그리고 생수군과 티백 침출차군에 비해 액상차 음료군의 표면미세경도 변화량이 많은 것으로 나타났다(Table 3).

### 3. 주사전자현미경을 통한 표면관찰

주사전자현미경을 이용하여 시편 표면을 관찰한 결과 음성대

조군인 생수군과 끓인 물에 티백을 넣어 우려낸 홍차인 티백 침출차군은 식품첨가물인 구연산을 함유한 액상홍차인 액상차 음료군에 비해 표면의 손상이 더 적은 양상을 나타내었다. 구연산을 함유한 액상차 음료군에서 낮은 pH로 인한 치아표면의 탈회를 야기하고 이로 인해 표면이 손상되어 거칠어진 양상을 나타내고 있다(Fig. 1).

## 고 안

그동안 pH가 낮고 탄산이 함유된 음료의 치아부식증 관련 연구는 많이 진행되어 왔으나<sup>16)</sup> 액상으로 제품화되어 판매되는 차음료에 대한 연구는 사람들의 소비가 증가하고 있는 상황이지만 아직까지 제대로 이루어지지 못하고 있는 상황이다. 최근 미국에서 소비되는 음료의 pH 조사결과 시판되고 있는 차음료의 평균 pH가 4이하로 치아부식증을 유발할 수 있을 정도로 낮게 나타나서<sup>15)</sup>, 시판되고 있는 차음료 섭취시 어떤 영향이 치아표면에 일어날지 살펴볼 필요가 있었다.

세균이 아닌 화학적 작용에 의한 치아 경조직의 비가역적 손상을 치아부식증<sup>8)</sup>이라고 하는데 pH가 낮은 산성음료의 경우 치아부식증을 유발시킬 수 있다<sup>17,18)</sup>.

본 연구에서 국내 시판중인 차음료 가운데 실험음료로 식품첨가물로 구연산이 함유되어 낮은 pH를 나타낸 액상 차음료인 서편제 홍차를 선정하고 같은 제조사에서 나온 티백형태의 침출차인 유기농 아름다운 홍차를 선정하여 구연산과 같은 식품 첨가물의 영향을 비교하고자 하였으며 음성대조군으로는 불소가 검출되지 않은 생수인 제주삼다수를 사용하였다.

Rytömaa 등<sup>19)</sup>은 법랑질의 용해가 발생하는 임계 pH가 5.5라고 하였다. 본 실험에서 사용한 실험음료의 경우 티백 침출차의

Table 2. Difference in surface microhardness after treatment for 30 minutes

(Unit: VHN)

Group	N	Time (minute)		Difference**
		0	30	
Mineral water	10	297.23±10.61	294.80±18.16	-2.43±15.44 <sup>a</sup>
Brewed black tea*	10	297.06±10.74	288.01±14.76	-9.05±10.25 <sup>a</sup>
Black tea beverage*	10	296.54±11.77	225.05±13.75	-71.49±14.99 <sup>b</sup>

Values are mean±SD.

\* $P<0.05$ , by Paired t-test, \*\* $P<0.05$ , by one-way ANOVA test.

<sup>a,b</sup>The same letter indicates no significant difference by Tukey test at  $\alpha=0.05$ .

Table 3. Microhardness changes in enamel surface hardness (VHN) by exposure time

(Unit: VHN)

Group*	N	Time (minute)		
		0	10	30
Mineral water <sup>a</sup>	10	297.23±10.61	301.46±14.73	294.80±18.16
Brewed black tea <sup>b</sup>	10	297.06±10.74	284.85±8.99	288.01±14.76
Black tea beverage <sup>c</sup>	10	296.54±11.77	257.72±7.02	225.05±13.75

Values are mean±SD.

\* $P<0.05$ , by Repeated Measures ANOVA.

<sup>a,b,c</sup>The same letter indicates no significant difference by Tukey test at  $\alpha=0.05$ .



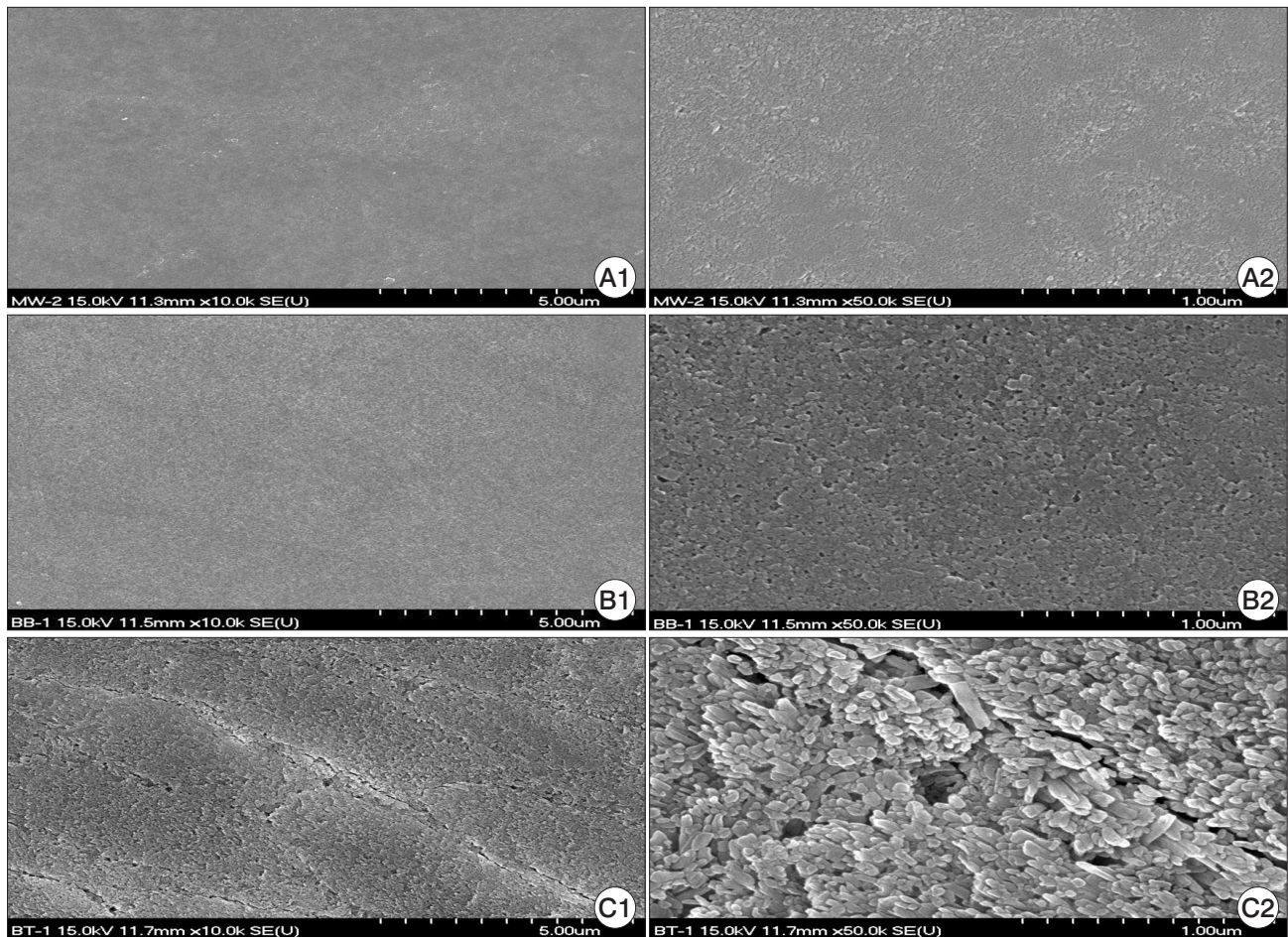


Fig. 1. SEM images of bovine teeth surface after treatment (A: Mineral water group, B: Brewed black tea group, C: Black tea beverage group, 1:  $\times 10,000$ , 2:  $\times 50,000$ ).

pH는 5.33으로 초기 치아우식증과 같은 약간의 탈회를 일으킬 가능성이 있는 상태로 나타났는데 티백 침출차 종류에 따른 치아표면 탈회 병소 깊이를 이전 연구에서 감귤류나 과일로 만든 침출차에서 병소 깊이가 비교적 깊은 것에 비해 홍차, 녹차, 꽃차의 경우는 병소 깊이가 미세하긴 했으나 탈회의 가능성이 있는 것으로 보고된 바 있다<sup>20)</sup>. 실험에 사용된 액상 차음료의 경우는 pH가 3.37로 낮게 나타나 치아부식증을 유발할 가능성이 있을 것으로 생각되었다. 반면에 실험에 사용한 생수군의 경우 pH가 7.41로 치아의 손상을 유발할 가능성이 거의 없는 것으로 생각되었다.

본 실험에서 30분 동안 시편을 음료에 침지하여 결과를 살펴보았을 때 산성음료에 치아를 노출시킨 이전의 연구에 따르면 음료의 음용 시, 한번 섭취할 때마다 구강 내 잔류시간은 1분 미만이며 음료 섭취 후 30분 동안 pH가 5.7미만의 상태를 유지하는 점<sup>21)</sup>과 액상 차는 주로 물 대신 마실 수 있다는 점을 고려하여 30분을 산 노출시간으로 하였다. 더불어 4종의 오렌지 주스를 10분간 침지시키는 실험에서 표면경도가 7.2-11.2% 감소했다는 연구<sup>22)</sup>를 바탕으로 10분이 경과한 후의 표면경도변화도 함께 살펴보았다. 산의 종류에 따른 영향을 연구를 살펴보면 음료첨가용 식용산으로는 구연산, 인산, 말레산 등이 가장 많이 사용되며 동일한 pH에서는 구

연산이 가장 치아의 부식을 잘 일으킨다고 보고되었다<sup>23,24)</sup>. 본 실험에서도 생수와 침출차인 티백 침출차와 달리 액상 차음료는 구연산을 식품첨가물로 함유하고 있어 시편의 치아표면의 정도변화에 영향을 미쳤을 것이라고 생각되었다.

본 실험 결과로 30분 침지하였을 경우, 표면경도차가 가장 큰 것은 액상 차음료로 나타났고( $P < 0.05$ ), 그 다음은 침출차인 티백 침출차, 생수 순으로 나타나 음료의 pH가 치아부식에 가장 큰 영향을 주었을 것이라고 생각하였다. 또한 SEM을 이용한 치아표면 관찰 결과에서도 구연산을 함유한 액상 차음료 처리시 치아표면에 손상으로 거칠게 나타나는 것을 볼 수 있었다. 따라서 pH가 낮은 차음료의 경우 치아부식증의 위험을 고려하여 구연산 등의 산 함유 여부를 확인하는 것이 필요하고 음료섭취 후에는 바로 칫솔질을 하는 것보다 생수 등을 이용하여 가볍게 입을 헹구는 것이 필요할 것이라고 생각된다. 또한 pH가 5.5에 가까운 티백 침출차의 경우도 30분 경과 후의 결과 비교시 통계적으로 유의한 차이는 없었지만( $P > 0.05$ ) 생수보다 낮은 표면 미세경도 값들을 보였고 침출차의 종류에 따라 치아표면 손상의 위험이 존재하므로 이에 대한 고려가 필요할 것으로 생각되었다<sup>20)</sup>. 이와 같이 차음료, 특히 구연산 등의 pH를 낮출 수 있는 식품첨가물이 함유된 액상 차음료의

경우 소비자에게 이에 대한 주의사항을 알리고 치아를 보호할 수 있도록 적절한 식이조절 교육을 시행하는 것이 필요할 것으로 생각되었다.

실험음료로 사용한 액상 차음료에는 pH에 주요한 작용을 하는 구연산 외에도 아스코르브산, 구연산나트륨 등 치아부식에 영향을 미칠 가능성이 있는 다른 식품첨가물들이 함께 사용되고 있어 추후 차음료에 함유되어 있는 식품첨가물 가운데 구연산 이외에도 치아부식에 영향을 미칠 수 있는 성분에 대한 조사가 함께 이루어질 필요가 있다고 생각된다.

본 연구의 한계로 생각할 수 있는 것은 시편을 실험음료에 단순 침지하여 구강 내 타액의 중화 및 재광화 작용을 고려하지 못한 점으로 추후 연구에서는 타액의 작용을 고려하여 치아부식 위험도를 평가하는 연구가 이루어질 필요가 있다.

본 연구결과를 살펴보면 구연산과 같이 pH를 낮출 수 있는 식품첨가물이 함유된 액상의 차음료는 치아표면경도를 약화시켜 치아부식 유발 위험성이 있는 것으로 나타났으며 침출차인 티백형태의 차음료는 상대적으로 치아부식 유발 위험성이 낮게 나타났다. 따라서 시판되고 있는 차음료의 구입 시 제품으로 제공되는 형태, 구연산과 같은 식품첨가물 포함 여부에 대한 확인, 산성의 차음료 섭취 시 고려사항 그리고 가공되어 나오는 티백형태의 침출차의 경우도 종류에 따라 치아에 영향을 미칠 수 있다는 것을 염두에 둘 수 있도록 소비자를 위한 식이교육이 필요할 것으로 생각된다.

## 결론

본 연구는 시판되고 있는 차음료 가운데 구연산이 함유된 액상 차음료가 생수와 침출차인 티백 침출차에 비해 치아표면에 어떠한 영향을 미치는가를 평가하기 위하여 소의 중절치를 사용하여 제작된 시편을 선정된 음료에 침지한 후 표면미세경도를 측정하고 주사전자현미경을 통한 표면 양상을 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 본 연구에 사용된 차음료의 pH는 액상차 음료군이  $3.37 \pm 0.03$ , 티백 침출차군이  $5.33 \pm 0.04$ 로 나타났으며, 생수군의 pH는  $7.41 \pm 0.03$ 으로 나타났으며, 실험음료 30분 처리 후 실험음료 처리 전과 후의 표면미세경도 차이를 비교한 결과는 생수군에서는 유의한 차이가 없었으나( $P > 0.05$ ) 티백 침출차군과 액상차 음료군에서는 처리 전에 비해 처리 후의 측정값이 낮게 나타났으며 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다( $P < 0.05$ ).

2. 정상법랑질에서 음료에 30분 처리 후 표면경도차( $\Delta VHN$ )는 액상 차군( $-71.49 \pm 14.99$ )이 가장 컸으며 그 다음 티백 침출차( $-9.05 \pm 10.25$ ), 생수( $-2.43 \pm 15.44$ ) 순으로 나타났다. 액상차 음료군은 티백 침출차군, 생수군과 유의한 차이가 있었으나( $P < 0.05$ ), 티백 침출차군과 생수군에서는 유의한 차이가 없었다( $P > 0.05$ ).

3. 주사전자현미경으로 표면을 관찰한 결과 침출차군은 생수군과 유사하게 표면이 매끄러운 것을 확인할 수 있었다. 액상차 음료군은 생수와 침출차군에 비해 표면이 거칠게 손상된 양상을 보

여주었다.

본 연구결과와 구연산과 같이 pH를 낮출 수 있는 식품첨가물이 함유된 액상 차음료는 치아표면경도를 약화시켜 치아부식증을 유발할 위험성이 있는 것으로 나타났다. 따라서 소비자들께서 국내에서 시판되고 있는 차음료의 구입 시 제품이 제공되는 형태, 구연산과 같은 식품첨가물 포함 여부 확인이 필요하고, 소비자들의 구강건강을 위해 산성의 차음료 섭취 시 구강관리방법에 대한 식이교육이 이루어질 필요가 있는 것으로 생각되었다.

## References

- Han DH, Lee UJ, Kim DH, Kim MJ, Hwang SJ, Kim JB. Evaluation of fluoride concentration in tea drink and estimation of daily fluoride intake by tea drink in Korea. *J Korean Acad Oral Health* 2010;34:311-317.
- Serafini M, Ghiselli A, Ferro-Luzzi A. *In vivo* antioxidant effect of green and black tea in man. *Eur J Clin Nutr* 1996;50:28-32.
- MacKenzie T, Leary L, Brooks WB. The effect of an extract of green and black tea on glucose control in adults with type 2 diabetes mellitus: double-blind randomized study. *Metabolism* 2007;56:1340-1344.
- Matsumoto N, Okushio K, Hara Y. Effect of black tea polyphenols on plasma lipids in cholesterol-fed rats. *J Nutr Sci Vitaminol* 1998;44:337-342.
- Vinson JA, Dabbagh YA. Effect of green and black tea supplementation on lipids, lipid oxidation and fibrinogen in the hamster: mechanisms for the epidemiological benefits of tea drinking. *FEBS Lett* 1998;433:44-46.
- Sakanaka S, Shimura N, Aizawa M, Kim M, Yamamoto T. Preventive effect of green tea polyphenols against dental caries in conventional rats. *Biosci Biotech Biochem* 1992;56:592-594.
- Ooshima T, Minami T, Aono W, Tamura Y, Hamada S. Reduction of dental plaque deposition in humans by oolong tea extract. *Caries Res* 1994;28:146-149.
- Eccles JD. Tooth surface loss from abrasion, attrition and erosion. *Dental update* 1982;9:373-381.
- Mueninghoff LA, Johnson MH. Erosion: a case caused by unusual diet. *J Am Dent Assoc* 1982;104:51-52.
- Ehlen LA, Marshall TA, Qian F, Wefel JS, Warren JJ. Acidic beverages increase the risk of *in vitro* tooth erosion. *Nutr Res* 2008;28:299-303.
- Hunter ML, West NX, Hughes JA, Newcombe RG, Addy M. Erosion of deciduous and permanent dental hard tissue in the oral environment. *J Dent* 2000;28:257-263.
- West NX, Maxwell A, Hughes JA, Parker DM, Newcombe RG, Addy M. A method to measure clinical erosion: the effect of orange juice consumption on erosion of enamel. *J Dent* 1998;26:329-335.
- Dugmore CR, Rock WP. A multifactorial analysis of factors associated with dental erosion. *Br Dent J* 2004;196:283-286.
- Salas MM, Nascimento GG, Vargas-Ferreira F, Tarquinio SB, Huysmans MC, Demarco FF. Diet influenced tooth erosion prevalence in children and adolescents: Results of a meta-analysis and meta-regression. *J Dent* 2015;43:865-875.
- 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.
- Youn HJ. Surface microhardness changes caused by commercial drinks on sound enamel of bovine teeth [master's thesis]. Gwangju:Chonnam National University;2006. [Korean].
- Johansson AK, Lingström P, Imfeld T, Birkhed D. Influence of drinking method on tooth surface pH in relation to dental erosion.

- Eur J Oral Sci 2004;112:484-489.
18. Sánchez GA, Fernandez De Preliasco MV. Salivary pH changes during soft drinks consumption in children. Int J Pediatr Dent 2003;13:251-257.
  19. 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.
  20. Hendricks JL, Marshall TA, Harless JD, Hogan MM, Qian F, Wefel JS. Erosive potentials of brewed teas. Am J Dent 2013;26:278-282.
  21. Kim KS. An experimental study on the effects of soft drinks on plaque pH [master's thesis]. Seoul:Seoul National University;1993. [Korean].
  22. Lee CY, Jung TS, Kim S. A study on the enamel erosion caused by orange juices. J Korean Acad Pediatr Dent 2004;31:617-623.
  23. West NX, Hughes JA, Addy M. The effect of pH on the erosion of dentine and enamel by dietary acids *in vitro*. J Oral Rehabil 2001;28:860-864.
  24. Meurman JH, Härkönen M, Näveri H, Koskinen J, Torkko H, Rytömaa I, et al. Experimental sports drinks with minimal dental erosion effect. Scand J Dent Res 1990;98:120-128.