

발효음료섭취시 재광화물질 적용에 따른 초기우식치아의 치아부식증 예방효과

김지은¹, 정성숙¹, 정기호^{1,2}, 최충호^{1,2}

전남대학교 치의학전문대학원 ¹예방치과학교실, ²치의학연구소

Prevention of dental erosion in early dental caries by application of remineralizing substance to fermented beverage

Ji-Eun Kim¹, Seong-Soog Jeong¹, 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 11, 2020
Revised: November 23, 2020
Accepted: November 23, 2020

Corresponding Author: Choong-Ho Choi
Department of Preventive Dentistry
& Public Health Dentistry, Chonnam
National University School of Dentistry, 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
*이 논문은 전남대학교 학술연구비(2018-
3382) 지원에 의하여 연구되었음.

Objectives: The purpose of this study was to investigate the possibility of preventing dental erosion caused by fermented milk in early carious teeth by applying 0.2% sodium fluoride to the tooth surface and adding 0.5% calcium to the drink.

Methods: We selected the experimental drink Yakult, which is the best-selling domestic fermented milk drink. A total of five groups were selected as experimental groups (mineral water, fermented milk, 0.2% NaF+fermented milk, 0.2% NaF+(fermented milk+0.5% Ca), and 0.2% NaF+Distilled water groups). After forming the artificial early caries, the pH cycling was administered for five days to derive surface microhardness and scanning electron microscope (SEM) image results.

Results: When comparing the surface microhardness before and after treatment in each group, significant differences were found among the four groups ($P < 0.05$), except in the fermented milk group ($P > 0.05$). A comparison of the difference in surface microhardness before and after pH cycling among the groups revealed a significant difference ($P < 0.05$). There was no significant difference between the 0.2% NaF+(fermented milk+0.5% Ca) group, 0.2% NaF+distilled water group, and the mineral water group ($P > 0.05$). The 0.2% NaF+fermented milk and fermented milk groups showed significant differences from the other groups ($P < 0.05$). In the SEM image, 0.2% NaF+(fermented milk+0.5% Ca), 0.2% NaF+distilled water, and mineral water groups ($P > 0.05$) showed smoother surfaces than the 0.2% NaF+fermented milk and fermented milk groups.

Conclusions: Based on these results, it was confirmed that if 0.5% calcium was included in the fermented milk along with the fluoride mouth rinsing program in schools using 0.2% fluoride every week when drinking fermented milk, it is possible to effectively prevent dental erosion even in early carious teeth.

Key Words: Calcium, Dental erosion, Fermented milk, Fluoride

서론

발효음료는 원유 또는 유가공품을 유산균 또는 효모로 발효시킨 것, 또는 이에 식품 및 식품 첨가물을 가한 것을 말하며, 5세 이하의 유아에서는 발효음료를 간식으로 많이 음용하고 있어 섭취 수준이 높게 나타

나며, 성인은 장 관리의 일환으로 음용하는 경우가 많아 연령층별 고른 섭취 수준을 보인다¹⁾. Ko 등²⁾의 연구결과에서 유산균 발효유가 전체적으로 낮은 pH를 가지고 있다고 보고하여, 발효음료는 산성음료로 분류할 수 있다.

치아 경조직이 손실되는 질환으로 치아우식증과 치아부식증이 있

다. 이 두 질환은 정의, 발생원인, 위치 및 과정 등 조직학적으로 다른 질환이지만, 산성 환경의 원인에서 발생가능하다는 점에서 유사한 점을 찾을 수 있다³⁾. 구강 내 환경은 탈회와 재광화가 연속적으로 일어나는 주기적인 상황이다. 치아 우식이 존재하는 구강 환경에서 산성음료인 발효음료를 섭취하는 경우, 산에 노출되는 시간이 길어지면서 치아 직하방의 우식 부위가 재광화되는 것을 억제할 뿐만 아니라 치아 표면의 치아부식도 가속화될 가능성이 높다.

산성음료로 인한 치아부식증을 예방하기 위한 다양한 연구가 시행되어 왔다. 특히 칼슘의 경우 식품에 안전하게 첨가할 수 있는 물질로 Kim 등⁴⁾의 연구에 따르면 칼슘을 농도별로 유산균 발효유에 첨가하여 치아부식 예방 효과를 보고하였다.

또 다른 방법으로 치아 표면에 불소를 도포하여 치아 자체의 내산성을 강화하는 방법이다. 치면에 불소를 도포하는 방법은 전문가 불소도포법과 자가 불소 양치법이 있다. 그중 자가 불소 양치법은 전문가 불소도포법보다 비교적 낮은 농도의 불소를 이용하는데, Kim 등⁵⁾의 보고에 따르면 5년간 매주 1회 0.2%의 NaF 불소용액양치사업을 실시한 초등학생의 구강검사를 한 결과 사업 전·후의 영구치우식경험자율이 평균 10.1%가 낮음을 확인하였다.

한편, Kim⁶⁾의 연구에 따르면 유산균 발효유에 저농도 칼슘을 첨가하면서 매일 0.05%의 NaF 불소 용액을 치면에 도포하는 경우 치아부식증 예방 가능성이 있음을 보고하였다. 그러나 불소용액양치사업 방법 중 매주 또는 격주 단위로 시행되는 0.2% NaF 불소용액양치방법과 칼슘을 발효유에 함께 첨가하여 치아부식증 예방 효과를 살펴본 연구는 아직 이루어지지 않은 상태이다.

따라서 본 연구는 초기우식치아의 구강상태에서 발효음료 섭취시 주요 재광화 물질인 불소는 0.2% NaF 용액을 치면에 도포하는 방법을 사용하고, 칼슘은 0.5%의 농도를 발효유에 첨가하였을 때 치아표면에 미치는 영향을 분석하여 치아부식증의 예방효과를 알아보고자 하였다.

연구대상 및 방법

1. 연구대상

국내에서 시판되고 있는 액상발효유 중 최다 판매를 기록하는 야쿠르트(YAKULT, KOREA YAKULT CO., LTD, Korea)를 실험음료로 하고⁷⁾, 대조군으로 생수(Jeju SamDaSoo, Jeju Special Self-Governing Province Development Corp, Korea)를 선정하여, 재광화 물질을 처리하는 방법에 따라 아래와 같이 군을 설정하였다(Table 1).

Table 1. Test groups used in the experiment

Group	pH	N	Treatment
Mineral water	7.57	12	Mineral water
Fermented milk	3.47	12	Fermented milk
0.2% NaF+	3.47	12	Apply 0.2% NaF once before fermented milk
0.2% NaF+(fermented milk+0.5% Ca)	3.65	12	Apply 0.2% NaF once before fermented milk containing 0.5% Ca
0.2% NaF+distilled water	5.54	12	Apply 0.2% NaF once before distilled water

2. 연구방법

2.1. 시편 제작 및 인공우식병소 형성

치아우식증과 표면 균열이 없는 건전한 우치를 사용하여 직경 5 mm 원통의 법랑질 시편을 취득하고, 자기중합형 레진을 이용하여 아크릴 봉에 포매하였다. 이후 METASERV[®] 2000 Grinder Polisher (Buehler, Lake Bluff, IL, USA)를 이용하여 #60, #240, #600, #1,200 연마지(CarbiMet; Buehler, Lake Bluff, IL, USA)로 순차적으로 연마하여 표면을 매끄럽게 하였다.

인공 초기 치아우식을 형성하기 위해 Hong 등⁸⁾의 연구 방법을 이용하였다. 탈회용액의 제작은 수산화인산칼슘이 50% 포화된 0.1 M 젯산을 50% NaOH와 50% HCl을 이용하여 30분간 pH 5.0을 계속 유지시킨 후 0.55 μm 여과지를 이용하여 여과하였다. 여과된 용액은 0.2% carbopol 907을 첨가한 후 50% NaOH를 이용하여 최종 pH 5.0으로 맞추어 최종 탈회용액을 만들고, 동일한 용기에 13 ml씩 분주하여 1개 용기 당 시편 1개씩 침지, 37°C 배양기에 처리하여 인공 초기 우식병소를 형성하였다.

2.2. 표면미세경도 측정

시편의 표면미세경도를 측정하기 위해 표면미세경도기(HMV-G21, Dong-il SHIMADZU Corp, Tokyo, Japan)를 이용하였다. Basic condition은 200 gf 하중, 10초로 설정하고, 시편의 상·하·좌·우 가장자리에서 0.5 mm 안쪽을 압인한 후 압인 크기를 Vickers hardness number (이하 VHN)로 측정하였다.

시편의 표면미세경도는 4부위의 VHN 평균값으로, 초기 우식치아 법랑질 표면경도 범위에 해당하는 60개 시편을 선별하고, 각 군 간 통계적으로 유의하지 않게 군 당 12개씩 배분하였다.

2.3. 시편 불소 처리

음료 침지 전 불소 처리가 필요한 군에 한하여 시행하였다. 0.2% NaF 용액의 자가 도포는 1-2주 동안 1회 시행이 권고사항으로, 시편 순환처리 직전 면봉을 이용하여 1분간 1회만 도포하였다.

2.4. 실험음료 침지

시편을 실험음료에 침지하는 과정은 순환처리로 Medeiros 등⁹⁾에 의한 방법을 선택하였다(Table 2).

Table 2. Time table of pH cycle for 5 days

Time	Treatment
11:30-11:35	Treatment solution (experiment drink)
11:35-13:35	Remineralization (artificial saliva)
13:35-13:40	Treatment solution (experiment drink)
13:40-15:40	Remineralization (artificial saliva)
15:40-15:45	Treatment solution (experiment drink)
15:45-17:45	Remineralization (artificial saliva)
17:45-17:50	Treatment solution (experiment drink)
17:50-08:00	Remineralization (artificial saliva)

인공타액은 증류수에 Gastric mucin (0.22%), KCl (0.1114%), KH₂PO₄ (0.0738%), NaCl (0.038%), CaCl₂·2H₂O (0.0213%)를 넣고 교반하여 완전히 용해한 후 pH 7.0이 되도록 50% NaOH로 조정하여 제조하였다.

2.5. 실험음료 침지 후 치아부식증 예방효과 평가

(1) 표면미세경도 측정: 시편을 순환처리한 5일 후 표면미세경도기를 이용하여 시편의 표면미세경도를 측정하였다. 측정 부위는 순환처리 직전에 측정하였던 부위에서 중앙 쪽으로 인접한 4부위를 측정하고 평균을 산출하였다.

(2) 표면 형상 관찰: 모든 처치 종료 후 군을 대표하는 시편을 선정하고 주사전자현미경(SNE-4500M, SEC Co.,Ltd, Suwon, Korea)을 이용하여 15 kV 전압 하에 5,000배, 10,000배의 배율로 시편 표면 형상을 관찰하였다.

2.6. 자료 분석

각 군별 실험음료에 침지하기 전 초기 우식 상태와 순환처리 5일 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. 통계분석은 SPSS (Statistical Packages for Social Science 23.0, Chicago, IL, USA) 통계 프로그램을 이용하였다.

연구 성적

1. 순환처리 후 법랑질 표면미세경도 변화

음료 침지 전 인공 초기 우식 상태와 순환처리 후 표면미세경도를 비교하였을 때 Mineral water군, 0.2% NaF+Fermented milk군, 0.2% NaF+(Fermented milk+0.5% Ca)군, 0.2% NaF+Distilled water군에서 유의한 차이가 나타났고(P<0.05), Fermented milk군은 유의한 차이가 나타나지 않았다(P>0.05, Table 3).

각 군의 음료 순환처리 전·후 표면미세경도차를 비교한 결과 유의한 차이가 나타났다(P<0.05, Table 3). 0.2% NaF+(Fermented

Table 3. Difference in enamel surface microhardness after treatment for pH cycling Unit: VHN

Group	Time		Difference**
	Before (0 day)	After (5 days)	
Mineral water*	103.13±18.70	176.87±19.93	73.74±10.36 ^a
Fermented milk	103.26±19.95	111.16±10.76	7.90±15.84 ^c
0.2% NaF+ Fermented milk*	102.42±21.65	158.85±13.96	56.43±13.73 ^b
0.2% NaF+(Fermented milk + 0.5% Ca)*	101.38±23.01	179.45±14.06	78.07±14.89 ^a
0.2% NaF+ Distilled water*	101.65±24.24	182.53±12.74	80.88±15.12 ^a

All values are mean±standard deviation.

*P<0.05, by Paired t-test.

**P<0.05, by One way ANOVA.

a,b,c: The same letter indicates no significant difference by Tukey test at a=0.05.

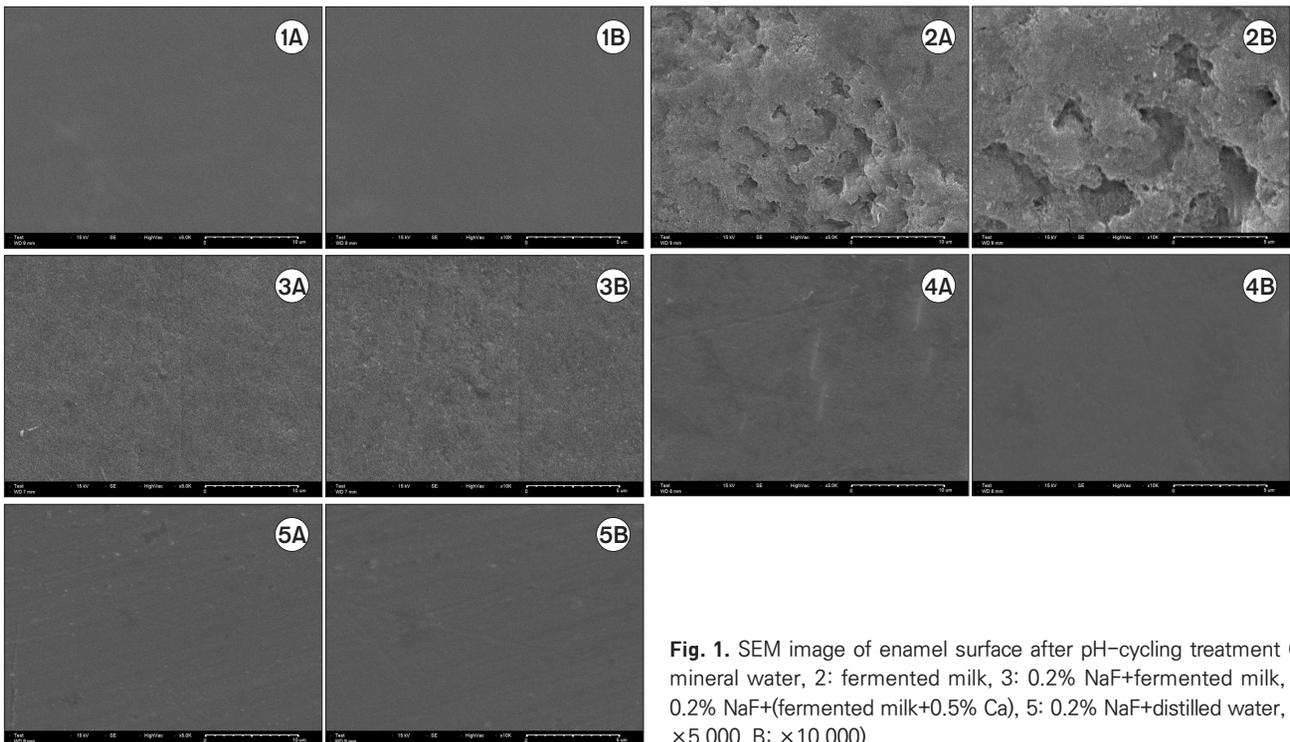


Fig. 1. SEM image of enamel surface after pH-cycling treatment (1: mineral water, 2: fermented milk, 3: 0.2% NaF+fermented milk, 4: 0.2% NaF+(fermented milk+0.5% Ca), 5: 0.2% NaF+distilled water, A: ×5,000, B: ×10,000).

milk+0.5% Ca)군(78.07 ± 14.89)과 0.2% NaF+Distilled water군(80.88 ± 15.12), Mineral water군(73.74 ± 10.36)은 유의한 차이가 나타나지 않았고($P > 0.05$), 0.2% NaF+Fermented milk군(56.43 ± 13.73)과 Fermented milk군(7.90 ± 15.84)은 각각 다른 군과 유의한 차이를 나타내었다($P < 0.05$).

2. 순환처리 후 표면 형상 관찰

각 군의 시편을 실험음료에 순환처리한 후 주사전자현미경으로 표면을 관찰한 결과, Mineral water군, 0.2% NaF+(Fermented milk+0.5% Ca)군, 0.2% NaF+Distilled water군에서 표면이 매끄러운 것을 확인할 수 있었다. 반면에 0.2% NaF+Fermented milk군은 약간의 거친 표면이 확인되었으며, Fermented milk군에서 심한 균열이 확인되어 표면이 매끄럽지 못한 것을 확인하였다(Fig. 1).

고 안

본 연구의 목적은 초기 우식치아 상태에서 산성음료인 발효 음료를 섭취할 때 재광화 물질로 꼽히는 불소와 칼슘을 각각 0.2% 농도로 치면에 도포, 0.5% 농도를 음료에 적용하여 치아부식증 예방 가능성을 확인하기 위함이다.

Ko 등²⁾의 연구에 의하면 185종의 국내 시판 유산균 발효유의 평균 pH는 4.08 ± 0.27 로 pH 4.5 이하로 치아부식을 발생시키는 pH이고, 액상 발효유가 다른 종류의 발효유 보다 낮은 pH라 보고한 바, 본 연구에서는 액상 발효유 중 소비자들이 일상생활에서 구매하기 쉽고 가장 많이 판매된 액상 발효유를 선택하였다.

Kim 등⁴⁾의 연구에서 유산균 발효유에 칼슘을 농도별로 첨가하였을 때 2%의 농도에서 중성인 생수와 같이 치아부식이 발생하지 않는 결과를 보고하였으나, 0.5%의 농도부터 치아부식 예방에 대해 유의미한 결과를 나타내었고, 인체에 무해하면서 음료의 맛을 변화시키지 않는 농도로 보고하여, 본 연구에서 실험하고자 하는 칼슘의 농도를 0.5%로 선택하였다.

많은 연구에서 불소로 인하여 치아 법랑질 표면이 재광화됨을 보고하고 있다¹⁰⁻¹²⁾. Jang 등¹⁰⁾은 불소 도포 방법과 적용 횟수에 따라 치아 법랑질의 표면을 연구하여 보고하였다. 그러나 전문가 불소 도포로만 한정하여 결과가 도출되어, 전문가 불소 도포에 비해 비교적 낮은 농도의 자가 불소 활용법에 대한 치아 법랑질 표면 연구는 미비한 편이다. 자가로 불소를 활용하는 방법 중 불소용액 양치법으로 0.05%의 NaF를 매일 사용하거나 0.2%의 NaF를 1-2주에 1회씩 사용하여 1분 이상 양치하는 방법이 있다¹²⁾. 한편 Silverstone¹³⁾의 연구에서 1 ppm 정도의 저농도의 불소가 함유된 저농도 칼슘 용액으로 재광화시켰을 때, 불소가 함유되지 않은 저농도 칼슘 용액으로 재광화시켰을 때보다 병소 본체의 넓이가 22%에서 72%로 감소함을 보고하였고, Kim⁶⁾의 연구에서 0.05%의 NaF 불소 용액을 치면에 매일 도포하고 유산균 발효유에 저농도의 칼슘을 첨가하였을 경우 치아부식증 예방 가능성을 보고하였다.

따라서 본 연구에서는 0.05%의 NaF 불소 용액과 함께 학교 불소 용액양치사업으로 많이 활용되는 불소의 농도인 0.2%의 NaF 용액을

치면에 1회 도포하고 0.5%의 저농도 칼슘과 함께 처리하였을 때 치면에 미치는 영향에 대해 알아보려고 하였다.

실험 방법으로 구강 내 환경을 실험실에서 가장 현실적으로 실현 가능한 pH 순환처리를 선택하여 실험 결과와 현실의 괴리감을 줄이고자 하였다. pH 순환처리는 5일 동안의 처리에서도 고농도 불소 제제의 치아 부식증을 확인한 Medeiros 등⁹⁾의 연구결과에 따라 본 실험도 5일의 순환처리를 선택하였다.

또한 실험음료에 침지하는 시간은 제외하고, 다른 모든 시간에는 인공타액에 침지하였다. pH 순환처리에 사용된 인공타액은 Jeong 등⁴⁾의 연구결과에서 재광화 목적으로 권고하는 방법으로 선택하여 제조하였다. 따라서 발효음료에 침지하지 않은 0.2% NaF+Distilled water군과 중성의 Mineral water군의 경우 표면미세경도차가 증가함을 확인하였고, 이는 인공타액으로 인한 재광화의 결과로 판단된다. 그러나 Fermented milk군은 인공타액에 침지하였음에도 통계적으로 유의한 표면미세경도차가 나타나지 않아($P > 0.05$), 초기 우식치아를 가진 경우 유산균 발효유 섭취시 타액에 의한 재광화 효과를 기대할 수 없을 것으로 생각된다.

Garcia-Godoy 등¹⁵⁾의 연구결과에 따르면 저농도의 칼슘, 저농도의 인산 및 저농도의 불소가 제공되는 환경 하에 이상적인 재광화가 발생된다고 하였다. 본 연구에서도 불소와 칼슘을 같이 처리한 군인 0.2% NaF+(Fermented milk+0.5% Ca)군(78.07 ± 14.89)이 중성인 Mineral water군(73.74 ± 10.36)과 발효유에 침지하지 않은 0.2% NaF+Distilled water (80.88 ± 15.12)군과 표면미세경도 변화 양상에 군간 차이가 나타나지 않았고, 0.2%의 NaF 불소용액만 1회 도포 후 유산균 음료에 침지한 0.2% NaF+Fermented milk (56.43 ± 13.73)군과 유의한 차이가 나타나고 표면미세경도차가 더 크게 나타나, 0.2% NaF 불소용액을 치면에 도포하고 유산균 음료에 0.5%의 칼슘이 첨가되었을 경우 치아부식증 예방 효과가 가장 높은 것으로 판단되었다.

한편, 치아부식 예방 효과를 시각적으로 평가하기 위해 주사전자현미경이 이용되며⁶⁾, 본 실험에도 사용하였다. 주사전자현미경으로 얻어진 시편 표면 이미지와 표면미세경도 분석결과와 유사한 것을 확인할 수 있었다.

따라서 치아우식이 있는 구강 상태에서 유산균 발효음료를 섭취할 때 1주일 또는 2주일에 한번 시행하는 0.2% 불소용액양치사업에 참여하고, 음료생산 시 안전하게 섭취 가능한 0.5%의 칼슘을 첨가한다면 산성음료로 인한 치아부식증을 효과적으로 예방할 수 있을 것이라 사료된다.

본 실험에서 사용한 시편은 우치로 제작하였는데 소의 치아는 사람의 치아보다 다공성이 많아, 약한 경도와 탈회 양상이 더 빠르다¹⁷⁾. 또한 실험 방법으로 인해 편평한 표면이 조건으로, 표면 연마가 필수적이다¹⁸⁾. 이를 종합해볼 때 구강 내 치아부식 정도는 이러한 양상이 더 작을 것으로 판단된다. 또한 본 연구에서 사용한 불소와 칼슘 이외에 자일리톨이나 나노 입자형 수산화인회석 등^{19,20)}과 같은 다양한 재광화 물질이 연구되어졌다. 따라서 추후 다른 재광화 물질과의 치아부식 예방 가능성을 확인하고 효과를 비교, 분석하는 연구도 진행할 수 있을 것이다.

결론

본 연구는 초기우식치아의 구강환경에서 발효음료 섭취시 0.2% NaF 불소용액을 치면에 도포하는 방법과 칼슘을 음료에 적용하여 치아부식증 예방 가능성을 알아보고자 하였다.

1. 인공 초기 우식 상태와 5일의 순환처리 후 표면미세경도는 표면미세경도차 순으로 0.2% NaF+Distilled water군(80.88±15.12), 0.2% NaF+(Fermented milk+0.5% Ca)군(78.07±14.89), Mineral water군(73.74±10.36), 0.2% NaF+Fermented milk군(56.43±13.73), Fermented milk군(7.90±15.84)으로 각 군에서 음료 섭취 전과 후 표면미세경도를 비교하였을 때 Fermented milk군($P>0.05$)을 제외한 4군에서는 유의한 차이가 나타났다($P<0.05$).

2. 각 군의 음료 순환처리 전·후 표면미세경도차를 비교한 결과 유의한 차이가 나타났다($P<0.05$). 0.2% NaF+(Fermented milk+0.5% Ca)군(78.07±14.89)과 0.2% NaF+Distilled water군(80.88±15.12), Mineral water군(73.74±10.36)은 유의한 차이가 나타나지 않았고($P>0.05$), 0.2% NaF+Fermented milk군(56.43±13.73)과 Fermented milk군(7.90±15.84)은 각각 다른 군과 유의한 차이를 나타내었다($P<0.05$).

3. 각 군의 음료 순환처리 후 주사전자현미경으로 표면을 관찰한 결과, Mineral water군, 0.2% NaF+(Fermented milk+0.5% Ca)군, 0.2% NaF+Distilled water군에서 표면이 매끄러운 것을 확인할 수 있었다. 반면에 0.2% NaF+Fermented milk군은 약간의 거친 표면이 확인되었으며, Fermented milk군에서 심한 균열이 확인되어 표면이 매끄럽지 못한 것을 확인하였다.

이상의 결과에서 0.2%의 불소를 치아에 도포하고 0.5%의 칼슘이 음료에 첨가된다면 초기 우식치아의 구강 환경에서도 치아부식증을 효과적으로 예방할 가능성이 있음을 확인하였다.

ORCID

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

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

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

References

1. Korea agro-fisheries & food trade corporation. 2018 Processed food subdivision market status: Butter, cheese and fermented milk market. Naju:Korea agro-fisheries & food trade corporation;2018:1-169.
2. Ko SJ, Jeong SS, Choi CH, Kim KH. pH and buffering capacity in some commercial fermented milks. J Korean Acad Oral Health 2013;13:701-711.
3. Cheng R, Yang H, Shao MY, Hu T. Dental erosion and severe tooth decay related to soft drinks: a case report and literature review. J Zhejiang Univ Sci B 2009;10:395-399.
4. Kim KH, Kim DE, Kim AO, Shin AR, Jeong SS, Choi CH. A study of dental erosion prevention by calcium contents of fermented milk. J Korean Soc Dent Hyg 2017;17:969-981.
5. Lee JH, Kim JB. Caries preventive effects of a school-based weekly mouthrinsing program with sodium fluoride solution for five years. J Dent Hyg Sci 2006;6:113-117.
6. Kim KH. A study on the effective methods for preventing dental erosion caused by fermented milk[dissertation]. Gwangju:Chonnam National University;2019. [Korean].
7. Google. Yakult sales volume[Internet]. [2020 Oct 04]. Available from: <https://news.join.com/article/23601914>.
8. Hong SJ, Park KC, Stookey GK. Effect of fluoride dentifrices on sub-surface enamel caries. J Korean Acad Oral Health 1996;20:1-10.
9. Medeiros IC, Brasil VL, Carlo HL, Santos RL, De Lima BA, De Carvalho FG. In vitro effect of calcium nanophosphate and high-concentrated fluoride agents on enamel erosion: an AFM study. Int J Paediatr Dent 2014;24:168-174.
10. Jang SO, Choi EM, Oh SH, Kang MK, Kim KM. The surface characteristics of enamel according to fluoride application methods and frequency. J Dent Hyg Sci 2011;11:69-76.
11. Jang HY, Kim JB, Kim JS, Oh SH. Effect of a fluoride-containing orthodontic primer for preventing enamel demineralization around bracket. J Korean Acad Pediatr Dent 2017;44:412-418.
12. Yu OY, Mei ML, Zhao IS, Li QL, Lo ECM, Chu CH. Remineralisation of enamel with silver diamine fluoride and sodium fluoride. Dental Materials 2018;34:e344-e352.
13. Silverstone LM. Remineralization and enamel caries: new concepts. Dent Update 1983;10:261-273.
14. Jeong SS, Chung KH. Comparative remineralization effects of human and artificial saliva compositions on incipient dental caries. J Korean Acad Oral Health 2017;41:50-55.
15. Garcia-Godoy F, Hicks MJ. Maintaining the integrity of the enamel surface. J Am Dent Assoc 2008;139:25S-34.
16. Yang KH, Park EH, Jeong BC. SEM and confocal laser scanning microscopic study on the corrosion of dental restorative resins. J Korean Acad Pediatr Dent 2002;29:430-438.
17. 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.
18. Shim JH, Jeong TS, Kim S. A study on the enamel erosion by fermented milks. J Korean Acad Pediatr Dent 2004;31:555-563.
19. Siri C, Suwanna J, Chanya C, Pojjanut B. Effect of xylitol and fluoride on enamel erosion in vitro. J Oral Sci 2007;49:293-297.
20. Min JH, Chung KH, Kwon HK, Kim BI. Effect of addition of nano-sized hydroxyapatite to a sports drink on tooth erosive potential 2007;31:449-460.