

유산균발효유 섭취 시 칼슘과 불소 사용에 따른 치아부식증 예방효과

Prevention of Dental Erosion Due to the Use of Calcium and Fluoride When Ingesting Lactic Acid Bacteria Fermented Milk

김경희*, 신애리**

한영대학교 치위생과*, 광주보건대학교 치위생과**

Kyung-Hee Kim(7511272@naver.com)*, Ae-Ri Shin(shinar77@naver.com)**

요약

본 연구는 유산균발효유의 타입에 따른 치아부식증의 발생정도를 확인하고, 치아부식증을 예방하는 방법을 확인하고자 하였다. 유산균발효유는 액상발효유, 스테르타입 농후발효유, 드링크타입 농후발효유를 사용했고, 실험에 사용된 치아시편은 우치를 사용했다. 치아부식증을 예방하는 방법으로 유산균발효유에 칼슘을 첨가하는 방법, 유산균발효유 노출 전 치아에 고농도와 저농도의 불소를 도포하는 방법과 이 두 가지 방법을 함께 적용하여 치아부식증의 예방효과를 측정했다. 시편을 실험음료를 침지한 결과 액상발효유의 표면경도가 가장 많이 감소했다. 예방처리 전과 후의 표면경도 차이를 비교했을 때 Ca 2%군과 NaF 0.05%+Ca 0.5%군은 음성대조군과 유의한 차이를 보이지 않아 치아부식증을 예방하는 효과적인 방법임을 확인했다. 하지만 맛의 변화 및 성분의 안정성 등을 고려할 때 고농도의 칼슘을 첨가하는 것 보다 저농도의 칼슘을 첨가하는 방법을 제안한다. 본 연구는 칼슘섭취와 불소도포를 단독으로 또는 동시에 적용함에 따른 차이를 확인하는 의미가 있는 연구이지만 타액 등 구강환경에 의한 작용이 배제되었기에 타액을 이용한 순환모델을 적용하는 후속연구가 필요할 것이다. 따라서 유산균발효 섭취 시 치아부식증의 가능성을 인식하고, 그로 인한 치아부식증을 예방하기 위해서는 저농도 칼슘과 저농도 불소를 함께 사용하는 것을 권장한다.

■ 중심어 : 유산균발효유 | 치아부식증 | 칼슘 | 불화나트륨 | 불소겔 |

Abstract

The purpose of this study was to determine the incidence of dental erosion according to the type of lactic acid bacteria fermented oil and to identify a method for preventing dental erosion. For the lactic acid bacteria fermented milk, liquid fermented milk, condense-stirred type fermented milk, and condense-drink type fermented milk were used, and bovine tooth specimens used in the experiment were used. As a method to prevent dental erosion, the method of adding calcium to the lactic acid bacteria fermented milk, the method of applying high and low concentrations of fluoride to the teeth before exposure to the lactic acid bacteria fermented milk, and the method of applying these two methods together were measured to measure the preventive effect of dental erosion. As a result of immersing the specimen in the experimental beverage, the surface hardness of liquid fermented milk decreased the most. When comparing the difference in surface hardness before and after prophylaxis care, the Ca 2% group and the NaF 0.05%+Ca 0.5% group showed no significant difference from the negative control group, confirming that it is an effective method for preventing dental erosion. However, considering the change in taste and the stability of ingredients, a method of adding calcium at a low concentration rather than adding a high concentration of calcium is proposed. Therefore, it is recommended to use low-concentration calcium and low-concentration fluoride together to recognize the possibility of dental erosion when ingesting lactic acid bacteria and to prevent dental erosion caused by it.

■ keyword : Fermented Milk | Dental Erosion | Ca | NaF | APF Gel |

접수일자 : 2022년 08월 16일

수정일자 : 2022년 09월 13일

심사완료일 : 2022년 09월 15일

교신저자 : 신애리, e-mail : shinar77@naver.com

I. 서론

유산균은 인체에 유익한 역할을 하는 세균으로, 19세기에 프랑스의 생화학자인 루이 파스퇴르가 처음 유산균을 발견하였고, 20세기 초에는 생물학자인 메치니코프가 불가리아 지역 사람들이 다른 지역 사람들에 비해 장수하는 원인으로 유산균이 함유된 발효유 섭취가 영향을 주었음을 알렸다[1][2]. 그 후 장내 유해물질 분해, 유익균의 성장촉진, 장암 발생 억제, 면역기능 향상, 노화방지, 혈중 콜레스테롤 감소 등 전신건강에 다양한 효과가 보고되었고, 구강에서의 유익한 효과도 확인되었다[2-5]. 이러한 장점을 토대로 유산균의 이용범위가 증가하고 세계적으로 소비가 늘어가고 있다[6-8].

유산균발효유는 유산균이나 효모를 우유 등 동물의 젖에 첨가하여 발효시킨 식품으로 우리나라에서는 무지고형분의 함량에 따라 액상발효유, 스테르타입 농후발효유와 드링크타입 농후발효유로 구분하고 있다[3]. 유산균발효유의 영양학적인 가치는 높지 않으나, 산성식품 중 하나로 구강환경을 산성으로 만들기 때문에 치아경조직의 소실인 치아부식증을 일으킬 수 있음이 확인되었다[9]. 치아부식증은 세균의 작용과는 무관하게, 산의 화학적인 작용으로 치아경조직이 손상되고, 해당 부위에 칫솔질과 같은 물리적 힘이 작용하면 더욱 빠르게 치아가 손실될 수 있다. Lodi 등[9]의 연구에서는 유산균발효유가 바이오필름(dental biofilm)의 pH를 감소시키고, 우치(bovine teeth) 법랑질의 탈회를 유발한다고 보고하였다. Shibata 등[10]은 햄스터와 쥐에게 유산균발효유를 적용하였을 때 *Streptococcus mutans*의 감염과 상관없이 법랑질에 부식병변이 발생함을 확인하였다. 또한 김 등[11]은 우치에 평균 pH 3.79인 유산균발효유를 노출시켜 부식의 정도를 측정하고, 표면경도를 감소시켜 치아부식증이 일어남을 보고하였고, 심 등[12]은 평균 pH 3.77인 유산균발효유에 건전한 유치를 침지시킨 후 법랑질의 표면경도가 감소함을 확인하였다.

최근 유산균발효유를 포함하여 산성음료 섭취가 늘어남에 따라 치아부식증의 유병률이 높아졌고[13], 그로 인해 치아부식증을 예방하기 위한 방법을 모색하는 연구가 증가하고 있다. 산성음료에 칼슘, CPP-ACP 등

과 같은 예방적인 물질을 첨가했을 때 법랑질의 탈회 및 치아부식증의 발생이 감소하였고[14-16], 산성음료에 노출되기 전 치아에 APF gel, NaF 용액, 불소바니쉬 등 불소를 도포하는 방법 역시 치아부식증의 발생을 예방하였다[17-19]. 그리고 두 가지 방법을 비교한 연구에 따르면 두 가지 방법 모두 유사한 치아부식증 예방효과가 있음을 확인했다[20]. 하지만 두 가지 방법을 각각 적용하여 비교한 연구는 있으나, 함께 사용했을 때 치아부식증 예방효과에 관한 연구는 미비한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 유산균발효유 타입에 따른 치아부식증의 발생을 확인하고, 그에 따른 치아부식증의 예방효과를 측정하기 위해 유산균발효유에 칼슘을 첨가하는 방법, 유산균발효유 노출 전 치아에 고농도와 저농도의 불소를 도포하는 방법과 이 두 가지 방법을 동시에 적용하여 더 효과적인 치아부식증 예방법을 모색하고자 하였다.

II. 연구방법

1. 연구재료

1.1 실험음료

국내 일부 시판되는 액상발효유, 스테르타입 농후발효유, 드링크타입 농후발효유의 pH를 확인하고, 선행연구[21]의 각 종류별 유산균발효유의 pH 평균값과 유사한 pH를 가진 제품을 임의로 선정하였다. 실험군으로 선정된 유산균발효유는 매일 엔요 사과당근(액상발효유), 한국야쿠르트 슈퍼100 Premium 블루베리(스테르타입 농후발효유), 매일 위편한 구트(드링크타입 농후발효유)이고 대조군으로는 제주삼다수를 사용하였다. 모든 실험군과 대조군은 사용 전까지 냉장보관하였다.

1.2 치아부식증 예방재료

치아부식증 예방효과를 확인하는 제재로 칼슘과 불소를 사용하였다. 유산균발효유에 첨가할 목적으로 젓산칼슘(Calcium Lactate Pentahydrate, Junsei Chemical CO., Ltd. Japan: 분자식 $\text{Ca}_6\text{H}_{10}\text{CaO}_6 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 분자량 308.30)을 사용하였다. 불소는 치아에 도포할 목적으로 고농도의 불소인 1.23% APF gel (TOPEX®

TOPICAL A.P.F.GEL, SultanHealthcare, USA)과 저농도의 불소인 0.05% NaF (Sodium Fluoride, DC Chemical CO., Ltd. Korea)용액을 사용하였다.

1.3 우치

냉동 보관된 소의 상악 우전치를 발거하여 잔여물을 제거하고 흐르는 증류수에 세척 후 시편 제작 전까지 70% ethanol에 보관하였다.

2. 연구방법

2.1 시편제작 및 표면미세경도 측정

보관 중인 우치 중 육안으로 건전한 우절치를 선택하여 우절치표면으로부터 직경 3 mm의 원기둥모양 범랑질을 취득한 후 원기둥모양으로 drilling한 아크릴 봉에 포매하고, 감마산화알루미나 sand paper(Carbimet, Buehler, Illinois, USA)를 사용하여 #600까지 순차적으로 시편을 연마하였다. 연마된 시편의 표면미세경도는 Vickers hardness number(VHN)값을 측정하였고 산출공식은 $VHN = 1854.4 \cdot P/d^2$ (P: load in grams, d: length of diagonal in microns)이다.

시편의 상, 하, 좌, 우 끝에서 부터 각 1 mm 안쪽을 표면경도계(Fm-7, Future-tech Corp, Japan)를 사용하여 측정 한 후 평균과 표준편차 값을 구하였다. 범랑질 표면에 직각으로 200 gm의 하중을 주어 10초 동안 압인하고 압흔의 상하, 좌우 폭경에 대한 평균값으로 표면경도를 확인하였는데 평균이 280~310 VHN, 표준편차가 10 이하인 시편을 선정하였다. 각 군당 시편의 개수는 기존의 치아부식증과 유산균발효유에 대한 연구결과[12]를 바탕으로 G*power 3.1 프로그램을 실행하여 각 군당 10개의 시편을 선정하였고 검정력은 100%였다.

2.2 실험음료의 시편 침지

실험에 사용된 모든 음료는 실험을 하기 전 6시간 동안 실온에 두어 사용하였다. 실험음료에 침지하는 과정은 Medeiros 등[20]에 의한 방법을 사용하였고, 치아부식증의 정도를 알아보기 위한 실험에서는 각 실험군과 대조군에 시편을 10분 동안 침지하였고, 치아부식증에 예방효과를 확인하는 과정에서는 각 실험음료 및 대

조군에 5분 동안 침지하였다. 침지하는 동안 실험음료가 분리되지 않도록 교반 하에 수행하였다.

2.3 치아부식증 예방처리

시편을 실험음료에 침지하기 전 시편표면에 불소도포를 하거나, 액상발효유에 칼슘을 첨가하여 치아부식증을 예방하는 처리를 수행했다[표 1].

표 1. 실험에 사용된 그룹

그룹	N	처리 음료 및 예방처리
음성대조군	10	물
양성대조군	10	액상발효유
Ca 2%군	10	2% Ca을 첨가한 액상발효유
Ca 0.5%군	10	0.5% Ca을 첨가한 액상발효유
APF gel군	10	액상발효유 노출 전 APF gel 도포
APF gel+Ca 0.5%군	10	0.5% Ca을 첨가한 액상발효유 노출 전 APF gel 도포
NaF 0.05%군	10	액상발효유 노출 전 0.05% NaF 도포
NaF 0.05%+Ca 0.5%군	10	0.5% Ca을 첨가한 액상발효유 노출 전 0.05% NaF 도포

시편표면의 불소도포는 먼저 시편을 흐르는 증류수에 세척하고 종이타월로 건조한 후 각 불소를 사람의 구강에 적용하는 방법과 동일하게 도포하였다. APF gel은 각 시편 당 1 ml의 양을 면봉에 묻혀 1회 도포한 후 4분 동안 방치 후 거즈로 닦아내었고, 0.05% NaF 용액은 실험음료에 침지하기 전 날 저녁에 면봉으로 1분간 도포 후 습한 상태로 보관하였다.

칼슘을 첨가한 액상발효유는 액상발효유에 2%와 0.5%의 농도로 칼슘을 첨가한 후 완전히 혼합될 수 있도록 교반하여 사용하였다.

2.4 치아부식증 예방효과 평가

치아부식증의 예방효과는 실험재료를 처리한 시편의 표면미세경도를 측정하여 확인하였다. 실험에 사용될 시편선정 과정에서 표면미세경도를 확인한 방법과 동일한 방법으로 시행하였고, 실험재료 처리 전 표면미세경도를 측정한 부위에서 중앙 쪽으로 인접한 곳의 범랑질 표면경도를 측정하였다.

최종적으로 초기 표면미세경도 값과 실험음료에 침지 후 표면미세경도 값의 변화량(표면미세경도차, Δ VHN, Difference of Vickers hardness number)을 측정하여 치아부식증으로 인한 탈회량을 간접적으로

평가하였고, 초기 표면미세경도 값과 예방처리 후 표면 미세경도 값의 변화량을 구하여 치아부식증을 예방하는 효과를 확인하였다.

2.5 자료분석

통계분석은 SPSS(SPSS 21.0, USA) 프로그램을 이용하였고 각 군의 시편에 대한 표면미세경도 데이터는 정규성 검정과 분산 동질성 검정을 만족하였다. 각 군별 처리 전 초기 표면경도와 처리 후 표면경도 차이를 검정하기 위하여 대응표본 T검정을 시행하였고, 각 군 간의 표면미세경도 차이를 비교하기 위하여 일원배치 분산분석을 사용하였으며, 사후분석은 Tukey test를 이용하였다.

III. 연구결과

1. 실험재료에 10분 처리 후 법랑질 표면경도 변화

각 군별로 처리 전에 비해 10분 처리 후의 법랑질 표면경도는 대조군에서 변화가 없었지만($p>0.05$), 다른 3종의 유산균 발효유군에서는 유의하게 감소하였다($p<0.05$) [표 2][그림 1].

4개의 군간 처리 전 법랑질 표면경도는 291.43~291.82 VHN으로 차이가 없었지만, 10분 처리 후 법랑질 표면경도는 265.33~292.90 VHN으로 차이가 나타났다($p<0.001$)[표 2].

표면경도차(Δ VHN, Difference of Vickers hardness number)는 액상발효유군이 가장 크게 나타났고 드링크타입 농후발효유군, 스티드타입 농후발효유군, 대조군 순으로 나타났다.

대조군과 스티드타입 농후발효유군은 표면경도차에 차이가 없었지만($p>0.05$), 대조군과 액상발효유군 그리고 대조군과 드링크타입 농후발효유군은 표면경도차에 차이가 나타났다($p<0.05$). 또한 액상발효유군과 드링크타입 농후발효유군도 유의한 표면경도차의 차이가 나타났다($p<0.05$)[표 2].

표 2. 실험음료에 10분 침지 후 표면경도변화

Unit : VHN

그룹	N	실험음료처리		Δ VHN**
		전(0min)	후(10min)	
대조군	10	291.57±6.30	292.90±7.59	1.33±2.71 ^a
액상발효유군 ¹	10	291.43±6.79	265.33±10.28	-26.10±9.30 ^c
스티드타입 농후발효유군 ^a	10	291.82±6.81	287.05±6.21	-4.92±4.01a, ^b
드링크타입 농후발효유군 ^a	10	291.43±6.94	284.61±8.30	-6.82±8.54 ^b

Values are mean±SD

^a : $p<0.05$, by Paired t-test

^{**} : $p<0.05$, by one-way ANOVA

^{abc} : The same letter indicates no significant difference by Tukey test at $\alpha=0.05$

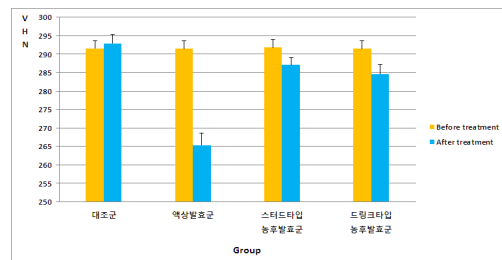


그림 1. 실험음료에 10분 침지 전과 후의 표면경도차이

2. 치아부식증 예방 처리 후 실험재료에 5분 처리 시 법랑질 표면경도 변화

각 군별로 처리 전에 비해 5분 처리 후의 법랑질 표면경도는 음성대조군과 Ca 2%군에서는 변화가 없었지만($p>0.05$), 다른 6군에서는 유의하게 감소하였다($p<0.05$)[표 3][그림 2].

8개의 군간 처리 전 법랑질 표면경도는 293.24~293.91 VHN으로 차이가 없었지만, 5분 처리 후 법랑질 표면경도는 271.16~294.59 VHN으로 차이가 나타났다($p<0.001$)[표 3].

Δ VHN은 양성대조군이 가장 크게 나타났고 NaF 0.05%군, Ca 0.5%군, APF gel군, APF gel+Ca 0.5%군, NaF 0.05%+Ca 0.5%군, Control군, Ca 2%군 순으로 나타났다.

음성대조군과 Ca 2%군 그리고 NaF 0.05%+Ca 0.5%군은 Δ VHN이 통계적으로 유의하게 차이나지 않았다($p>0.05$). Ca 0.5%군, APF gel군, APF gel+Ca 0.5%군은 음성대조군뿐만 아니라 양성대조군과도 Δ VHN값이 차이가 나타났으며($p<0.05$), NaF 0.05%군은 양성대조군과 Δ VHN의 차이가 나타나지 않았다($p>0.05$)[표 3].

표 3. 치아부식증 예방처리 및 실험음료에 5분 침지 후 표면경도 변화

그룹	N	실험음료처리		ΔVHN**
		전(0 min)	후(5 min)	
음성대조군	10	293.52±8.19	294.59±7.95	1.07±3.54 ^a
양성대조군*	10	293.48±7.37	271.16±12.08	- 22.32±11.78 ^d
Ca 2%군	10	293.58±7.86	292.69±8.00	- 0.90±4.72 ^{a,b}
Ca 0.5%군 [†]	10	293.50±7.51	281.91±7.42	- 11.60±7.08 ^c
APF gel군*	10	293.24±7.48	283.28±8.10	- 9.96±4.33 ^c
APF gel+Ca 0.5%군 [†]	10	293.91±7.65	285.28±9.73	- 8.63±6.43 ^{b,c}
NaF 0.05%군 [†]	10	293.44±7.38	279.66±8.27	- 13.78±4.61 ^{c,d}
NaF 0.05%+Ca 0.5%군 [†]	10	293.68±7.34	288.03±6.70	- 5.65±5.57 ^{a,b,c}

Values are mean±SD

* : 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 at α=0.05

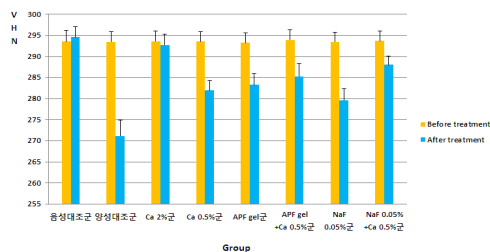


그림2. 치아부식증 예방처리 및 실험음료에 5분 침지 전과 후 표면경도 차이

IV. 고찰

본 연구는 유산균발효유의 타입에 따른 치아부식증의 발생 정도 차이를 확인하고, 유산균발효유에 칼슘을 첨가하는 방법, 유산균발효유 노출 전 치아에 고농도와 저농도의 불소를 도포하는 방법과 이 두 가지 방법을 함께 적용하여 치아부식증의 예방효과를 측정하고자 하였다.

치아부식가능성 및 예방효과를 측정하기 위해 우치 시편의 표면경도를 측정하였는데, 이는 치질의 50 μm 이내에 발생하는 병변을 측정하는데 적합한 방법으로 알려져 있어서 선택하였다[22]. 우치는 사람의 치아보다 더 탈회에 민감하다는 보고[23]와 측정방법 상 시편을 편평하고 매끄럽게 연마하였기에 가장 외곽층의 표면이 제거되었기에 실제 사람구강에 적용하는 것에 비해 상대적으로 큰 부식이 발생되었을 것이라 사료된다.

3가지 타입의 유산균발효유 모두 범랑질에 치아부식

증을 유발하였다. 본 연구에 사용된 유산균발효유는 모두 1억마리 이상/ml의 유산균이 존재하고, 평균은 pH 3.92로 pH 4.5 이하의 산성음식에 의해 치아부식증이 일어난다는 McCay와 Will의 연구결과를 입증해주었다[24]. 하지만 유산균의 종류가 다양하기 때문에 유산균의 종류에 따른 연구가 필요할 것이라 사료된다. 액상발효유, 드링크타입 농후발효유, 스테르타입 농후발효유 순으로 처리 전 표면경도에 비하여 처리 후 표면경도 값이 감소하였고, 4가지 군의 실험음료 처리 후 표면경도(VHN)값은 각 군 간의 차이가 나타났다. 각 군의 평균 pH는 액상발효유가 가장 낮았고 드링크타입 농후발효유, 스테르타입 농후발효유 순으로 표면경도의 변화와 동일한 결과를 보였다. 이는 치아부식에 음료의 pH가 영향을 주었음을 보여준다.

대조군과 각 3가지 실험군의 처리 전과 후 표면경도 차이 값(ΔVHN)을 비교했을 때, 스테르타입 농후발효유군에서는 유의한 차이가 없었으나, 액상발효유군과 드링크타입 농후발효유군에서는 대조군과 유의한 차이를 나타냈다. 대조군과 스테르타입 농후발효유군은 표면경도차이가 통계적으로 유의하게 차이를 보이지는 않았으나 대조군은 1.33 ΔVHN, 스테르타입 농후발효유군은 -4.92 ΔVHN으로 다른 양상을 보였다. 또한 물리적인 성상에 따라 액체가 치아에 흡수되는 속도가 가장 빠르는데, 스테르타입 농후발효유군의 경우 호상이기 때문에 치아에 천천히 작용하였을 가능성이 있다.

치아부식증을 예방하기 위한 방법으로 치아에 불소를 도포하는 방법과 유산균발효유에 칼슘을 첨가하는 방법을 확인하였다. 음성대조군으로 미네랄워터를 사용하였고, 양성대조군은 3가지 타입의 유산균발효유 중 가장 치아부식증 위험도가 높은 액상발효유를 선택했다. 실험군은 치아에 유산균발효유를 적용하기 전 불소를 도포하거나 유산균발효유에 칼슘을 첨가하는 방법을 단독 또는 혼용으로 사용했다. 불소는 치아에 도포 시 치아부식증을 예방하고 치아를 재광화하는 효과가 있어 치과에서 많이 사용되는 재료로, 치아에 적용하는 불소는 다양하지만 선행연구에서 효과가 있다고 증명되고[25], 임상에서 많이 적용되는 불소 중 고농도인 APF gel과 저농도인 0.05% NaF 불소용액을 선정했다. APF gel은 전문가불소도포방법으로 치면을 건조한

상태로 4분간 도포하고 6개월에 한 번씩 도포하는 것을 권장하고, 0.05% NaF 불소용액은 저농도이기 때문에 하루에 한번 보통 저녁에 1분 동안 양치하기에, 동일한 조건으로 APF gel과 0.05% NaF 불소용액 적용 전 시편을 모두 세척, 건조한 상태로 준비하고 APF gel은 4분, 0.05% NaF 불소용액은 1분간 처리하였다. 칼슘은 음료에 섭취가능한 안전한 물질 중 하나로 선행연구에서 산성음료에 첨가 시 치아부식증의 예방효과가 보고 되었기에 유산균발효유에 첨가하는 예방물질로 선정하였다[26]. 고농도의 칼슘을 첨가하는 경우 음료의 맛을 변화시키고 안전성의 문제가 발생할 수 있기 때문에[27][28] 가능하면 낮은 농도의 칼슘 활용하는 방안이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 선행연구[29]를 바탕으로 유의한 효과를 보이기 시작한 0.5%를 저농도의 칼슘함량으로 선정하고, 물과 유의한 차이를 보이지 않은 2%를 고농도의 칼슘함량으로 선택하여 액상 발효유에 첨가하였다.

치아부식증 예방처리 및 실험음료에 5분 침지 후 8개월간 표면경도는 유의한 차이를 보였다. 하지만 실험재료에 5분 처리 전과 후를 비교 했을 때 표면경도는 음성대조군과 Ca 2%군에서는 유의한 차이가 없었고, 다른 6군에서는 유의하게 감소하였다. 이는 생수와 Ca 2%를 첨가한 유산균발효유에 차이가 없음이 보고된 김등[29]의 연구결과와 일치했다. Ca 2%군과 음성대조군이 통계적으로 유의한 차이는 없었지만 Ca 2%군은 음수 값을 가지고 음성대조군은 양수 값을 보였기 때문에 칼슘을 포함한 액상발효유를 처리했을 때는 일부 표면상실이 발생했고, 음성대조군인 물을 처리했을 때는 물에 들어 있는 일부 무기질 등 성분이 작용해 약간의 재광화가 진행되었을 것이라 사료된다. 표면경도 차이는 양성대조군인 액상발효유군에서 가장 크게 나타났고 NaF 0.05%군, Ca 0.5%군, APF gel군, APF gel+Ca 0.5%군, NaF 0.05%+Ca 0.5%군, 대조군, Ca 2%군 순으로 나타났는데 이는 Ca 2%군이 가장 예방효과가 높고 NaF 0.05%군이 낮음을 의미한다. APF gel은 고농도이므로 1회 도포 시 0.05% NaF에 비해 예방효과가 뛰어남이 보고되었고[30], 본 연구에서도 NaF 0.05%군보다 APF gel을 도포한 그룹이 더 높은 예방효과를 보여 동일한 결과가 나타났다. 하지만 저농도인 0.05%

NaF를 치아에 처리하고 칼슘을 첨가한 유산균발효유를 섭취하는 경우, 고농도인 APF gel을 도포했을 때 보다 치아부식증을 예방하는데 더욱 효과적임을 확인하였기에 의미가 있다고 할 수 있다. 또한 APF gel은 전문가만 적용할 수 있는 불소도포 방법으로 치과에 가서 적용해야 하지만, 0.05% NaF 불소용액은 약국에서 구입이 가능하고 일반인도 가정에서 손쉽게 예방처치가 가능하다는 장점이 있어 불소양치용액의 더 활발한 활용이 기대된다.

대조군을 포함한 모든 군의 예방처리 전과 후 표면경도 차를 비교했을 때 음성대조군과 Ca 2%군 그리고 NaF 0.05%+Ca 0.5%군은 표면경도차에 차이가 나타나지 않았다. Ca 0.5%군, APF gel군, APF gel+Ca 0.5%군은 음성대조군뿐만 아니라 양성대조군과도 표면경도차에 차이가 나타났으며, NaF 0.05%군은 양성대조군과 표면경도차에 차이가 나타나지 않았다. 따라서 Ca 2%를 첨가하는 방법과 NaF 0.05%+Ca 0.5% 방법이 치아부식증의 예방에 유효하다. 두 가지 방법 중 Ca 2%를 첨가하는 방법이 효과는 더 뛰어나지만 2%는 고농도이기 때문에 첨가 후 맛의 변화와 성분이 일정하게 유지되는지 확인할 필요가 있기에 유산균발효유에 Ca 첨가 시 저농도인 0.5%를 첨가하고 NaF 0.05% 불소양치를 함께 주기적으로 시행하여 치아부식증을 예방할 것을 제안한다. 또한 적절한 칼슘섭취는 유당불내증 환자나 골다공증환자의 전신적인 상태까지 호전시킬 수 있어 그 활용이 확대될 수 있다[31][32].

본 실험은 실험음료에 시편을 침지한 실험이므로 구강 내에 존재하는 타액에 의한 재광화 및 완충작용이 배제되어 더 큰 부식이 일어났을 거라는 가능성을 두고, 타액을 사용한 순환모델에 적용하는 연구가 필요할 것이라 사료된다.

본 연구에서는 치아부식증의 예방을 위해 칼슘과 불소를 사용하는 것을 제안하지만, 실제 소비자의 섭취빈도 및 섭취방법 등도 영향을 미칠 수 있다. 따라서 예방적인 처치와 함께 산성음료 섭취 후 바로 칫솔질을 하지 않고 물로 양치하여 구강 내 pH를 높이고 타액에 의해 일부 재광화 될 수 있다는 것을 인지하고[33], 산의 접촉빈도 및 시간을 감소할 수 있도록 구강보건교육이 필요할 것이다[34].

본 연구는 우치 시편에 실험재료를 침지한 실험으로 타액에 의한 작용 및 구강 내 환경을 완벽하게 재현하지 못 했다는 한계점을 가진다. 하지만 예방물질을 유산균 발효유에 첨가하는 방법과 유산균발효유 노출 전 불소를 도포하는 방법을 동시에 적용하여 예방효과를 확인 하였기에 의미 있는 연구라 할 수 있고, 그에 따라 치아 부식증 예방을 위해 적절히 활용될 수 있을 것이다.

V. 결론

본 연구는 3가지 타입 유산균발효유의 치아부식증 발생정도 차이를 확인하고, 치아부식증의 예방효과를 측정하기 위해 유산균발효유에 예방물질을 첨가하는 방법, 유산균발효유 노출 전 치아에 불소를 도포하는 방법과 이 두 가지 방법을 함께 적용했을 때의 예방효과를 측정하고자 시행하였고 결론은 다음과 같다.

1. 유산균발효유를 우치 법랑질에 10분 동안 처리하였을 때 액상발효유, 드링크타입 농후발효유, 스테드타입 농후발효유 순으로 처리 전 표면경도에 비하여 처리 후 표면경도 값이 감소하였고($p < 0.05$), 모든 군의 실험 음료 처리 후 표면경도(VHN)값은 각 군 간의 차이가 나타났다($p < 0.001$).

2. 대조군과 3가지 타입의 유산균발효유군의 처리 전과 후 표면경도 차이 값(Δ VHN)을 비교했을 때 대조군과 스테드타입 농후발효유군 사이에서는 유의한 차이가 없었으나($p > 0.05$), 대조군과 액상발효유군과 드링크타입 농후발효유군에서는 유의한 차이를 나타냈다($p < 0.05$).

3. 치아부식증 예방처치 후 실험재료에 5분 처리 전과 후를 비교 했을 때 표면경도는 음성대조군과 Ca 2%군에서는 유의한 차이가 없었지만($p > 0.05$), 다른 6군에서는 유의하게 감소하였다($p < 0.05$). 표면경도 차이는 양성대조군인 액상발효유군에서 가장 크게 나타났고 NaF 0.05%군, Ca 0.5%군, APF gel군, APF gel+Ca 0.5%군, NaF 0.05%+Ca 0.5%군, 대조군, Ca 2%군 순으로 나타났다. 실험재료에 5분 처리 후 8개 군간 표면경도는 유의한 차이를 보였다($p < 0.001$),

4. 대조군과 7가지 실험군의 처리 전과 후 표면경도차를 비교했을 때 대조군과 Ca 2%군 그리고 NaF 0.05%+Ca 0.5%군은 표면경도차에 차이가 나타나지 않았다($p > 0.05$). Ca 0.5%군, APF gel군, APF gel+Ca 0.5%군은 음성대조군뿐만 아니라 양성대조군과도 표면경도차에 차이가 나타났으며($p < 0.05$), NaF 0.05%군은 양성대조군과 표면경도차에 차이가 나타나지 않았다($p > 0.05$)

이상의 결과로 유산균발효유를 섭취 시 치아부식증의 가능성을 인식하고, 그를 예방하기 위해 칼슘이 0.5% 이상 함유된 유산균발효유를 섭취하고 주기적으로 NaF 0.05%로 불소양치 하는 것을 고려해야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] R. Fuller, "Probiotics in man and animals," J. Appl. Bacteriol., Vol.66, No.5, pp.365-378, 1989.
- [2] 강태진, "유산균의 효능과 이용," Biowave, 제11권, 제7호, pp.1-20, 2009.
- [3] 백영진, 허철성, 이정열, "유산균 발효유의 이용과 건강증진" 한국유기공기기술과학회지, 제17권, 제1호, pp.58-71, 1999.
- [4] M. Kalliomäki, S. Salminen, T. Poussa, H. Arvilommi, and E. Isolauri, "Probiotics and prevention of atopic disease: 4-year follow-up a placebo-controlled trial," Lancet, Vol.361, No.9372, pp.1869-1871, 2003.
- [5] S. Twetman and C. Stechsen-Blicks, "Probiotics and oral health effects in children," Int J Pediatr Dent, Vol.18, No.1, pp.3-10, 2008.
- [6] 한국식품안전관리인증원, 2016 건강기능식품 국내 시장 규모 동향 분석, 2017.
- [7] 한국농수산물유통공사, 2015 농식품 해외시장 맞춤형 조사: 미국 프로바이오틱스 시장조사, 2016.
- [8] 한국농수산물유통공사, 2015 농식품 해외시장 맞춤형 조사: 중국 프로바이오틱스 시장조사, 2016.
- [9] C. Lodi, M. Manarelli, K. Sasaki, F. Fraiz, A. Delbem, and C. Martinhon, "Evaluation of fermented milk containing probiotic on dental

- enamel and biofilm: in situ study," *Arch Oral Biol*, Vol.55, No.1, pp.29-33, 2010.
- [10] H. Shibata, T. Takehara, Y. Nara, M. Imazato, and M. Inoue, "Caries-promoting properties of fermented milk beverages containing live or killed lactobacillus," *Koku Eisei Gakkai Zasshi*, Vol.27, No.2, pp.46-58, 1977.
- [11] 김민아, 정성숙, 윤혜정, 박영남, 최충호, 홍석진, "일부 시판 유산균 음료의 칼슘 함유량이 차아 부식에 미치는 영향," *대한구강보건학회지*, 제35권, 제3호, pp.266-272, 2011.
- [12] 심정호, 정태성, 김신, "수중 유산균 발효유의 법랑질 침식효과에 대한 연구," *대한소아치과학회지*, 제31권, 제4호, pp.555-563, 2004.
- [13] M. Salas, G. Nascimento, M. Huysmans, and F. Demarco, "Estimated prevalence of erosive tooth wear in permanent teeth of children and adolescents: an epidemiological systematic review and meta-regression analysis," *J Dent*, Vol.43, No.1, pp.42-50, 2015.
- [14] A. Hara and D. Zero, "Analysis of the erosive potential of calcium-containing acidic beverages," *Eur J Oral Sci*, Vol.11, No.6, pp.60-65, 2008.
- [15] G. Reussner, G. Coccodrilli, and R. Thiessen, "Effects of phosphates in acid-containing beverages on tooth erosion," *J Dent Res*, Vol.5, No.4, pp.365-370, 1975.
- [16] D. Manton, F. Cai, Y. Yuan, G. Walker, N. Cochrane, C. Reynolds, L. Brearley-Messer, and E. Reynolds, "Effect of casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate added to acidic beverages on enamel erosion in vitro," *Aust Dent J*, Vol.55, No.3, pp.275-279, 2010.
- [17] 장선옥, 최은미, 오상환, 강민경, 김광만, "불소 도포 방법과 적용 횟수에 따른 법랑질의 표면 특성," *치위생과학회지*, 제11권, 제2호, pp.69-76, 2011.
- [18] C. Murakami, M. Böecker, M. Corrê, F. Mendes, and C. Rodrigues, "Effect of fluoride varnish and gel on dental erosion in primary and permanent teeth," *Arch Oral Biol*, Vol.54, No.11, pp.997-1001, 2009.
- [19] J. Saunders and J. McIntyre, "The ability of 1.23% acidulated phosphate fluoride gel to inhibit simulated endogenous erosion in tooth roots," *Aust Dent J*, Vol.50, No.4, pp.263-266, 2005.
- [20] I. Medeiros, V. Brasil, H. Carlo, R. Santos, B. De-Lima, and F. D. Carvalho, "In vitro effect of calcium nanophosphate and high-concentrated fluoride agents on enamel erosion: an AFM study," *Int J Paediatr Dent*, Vol.24, No.3, pp.168-174, 2014.
- [21] 고석주, 정성숙, 최충호, 김경희, "일부 시판 유산균 발효유의 pH와 적정산도," *한국치위생학회지*, 제13권, 제4호, pp.701-711, 2013.
- [22] J. Featherstone, "Consensus conference on intra-oral models: evaluation techniques," *J Dent Res*, Vol.71, pp.955-956, 1992.
- [23] J. Featherstone and J. Mellberg, "Relative rates of progress of artificial carious lesions in bovine, ovine and human enamel," *Caries Res*, Vol.15, No.1, pp.109-114, 1981.
- [24] C. McCay and L. Will, "Erosion of molar teeth by acid beverages," *J Nutr*, Vol.39, No.3, pp.313-324, 1949.
- [25] 이영은, 백혜진, 정성화, 김중화, 김혜영, 최연희, 송근배, "시판 불소도포제제들의 법랑질 내산성 증진효과," *대한구강보건학회지*, 제33권, 제1호, pp.19-29, 2009.
- [26] 이혜진, 홍석진, 최충호, "숙취해소음료의 법랑질 부식에 관한 연구," *대한구강보건학회지*, 제37권, 제3호, pp.119-125, 2013.
- [27] T. Grenby, "Lessening dental erosive potential by product modification," *Eur J Oral Sci*, Vol.104, No.2, pp.221-228, 1996.
- [28] M. Barbour, R. Shellis, D. Parker, G. Allen, and M. Addy, "An investigation of some food-approved polymers as agents to inhibit hydroxyapatite dissolution," *Eur J Oral Sci*, Vol.113, No.6, pp.457-461, 2005.
- [29] 김경희, 김다운, 김애옥, 신애리, 정성숙, 최충호, "칼슘 함유량에 따른 유산균 발효유의 차아부식증 예방에 대한 연구," *한국치위생학회지*, 제17권, 제6호, pp.969-981, 2017.
- [30] 조민정, 이향님, "불화물 복합작용이 법랑질의 재석회화에 미치는 영향에 관한 연구," *한국치위생학회지*, 제1권, 제1호, pp.125-132, 2001.
- [31] M. Larsen and B. Nyvad, "Enamel erosion by some soft drinks and orange juice relative to their pH, buffering effects and contents of calcium phosphate," *Caries Res*, Vol.33, No.1,

pp.81-87, 1999.

- [32] L. Allen, B. Benoist, O. Dary, and R. Hurrell, *Guidelines on food fortification with micronutrients*, World Health Organisation, pp.131-133, 2006.
- [33] 안호영, 이광희, 김대업, “산성 음료에 의한 법랑질의 침식과 인공타액에 의한 재광화,” 대한소아치과학회지, 제29권, 제1호, pp.84-91, 2002.
- [34] D. Zero and A. Lussi, “Erosion-chemical and biological factors of importance to the dental practitioner,” *Int Dent J*, Vol.55, No.4, pp.285-290, 2005.

저 자 소 개

김 경 희(Kyung-Hee Kim)

정회원



- 2014년 2월 : 전남대학교 치의학과(치의학석사)
- 2019년 2월 : 전남대학교 치의학과(치의학박사)
- 2020년 3월 ~ 현재 : 한영대학교 치위생과 조교수

〈관심분야〉 : 치위생학, 예방치학

신 애 리(Ae-Ri Shin)

정회원



- 2013년 2월 : 전남대학교 치의학과(치의학석사)
- 2019년 2월 : 전남대학교 치의학과(치의학박사)
- 2019년 3월 ~ 현재 : 광주보건대학교 치위생과 겸임조교수

〈관심분야〉 : 치위생학, 예방치학