



Journal of Korean Society of Dental Hygiene

Original Article 유산균 발효유 종류에 따른 치아부식 위험도 평가

김경희 · 정기호¹

전남대학교 치의학전문대학원 예방치과학교실 · ¹연세대학교 치과대학 예방치과학교실

Assessment of dental erosion potential by the type of fermented milk

Received: 25 June 2017

Revised: 24 July 2017

Accepted: 25 July 2017

Kyung-Hee Kim · Ki-Ho Chung¹

Department of Preventive & Public Health Dentistry, Chonnam National University, School of Dentistry

¹Department of Preventive Dentistry and Public Oral Health, Yonsei University, College of Dentistry

Corresponding Author: Ki-Ho Chung, Department of Preventive Dentistry and Public Oral Health, Yonsei University, College of Dentistry, Sinchon-dong, Seodaemun-gu, Seoul 03722, Korea, Tel: +82-2-2228-3070, Fax: +82-2-392-2936, E-mail: yspd8050@naver.com

ABSTRACT

Objectives: The aim of this study was to evaluate the potential of dental erosion by three different types of commercial fermented milk on the enamel surface of bovine teeth. **Methods:** Forty bovine teeth (four groups of 10) were immersed in fermented milk (experimental groups: liquid type, condense-stirred type and condense-drink type) or mineral water (control group) for 1, 3, 5, 10, 15, 30, 60, 90 and 120 minutes. Enamel surface microhardness was measured before and after treatment with a microhardness tester, and Scanning Electron Microscope (SEM) was used to assess the enamel surface morphology. **Results:** Changes in enamel surface microhardness (before-after treatment; Δ VHN) were significantly different among the four groups ($p < 0.05$). Δ VHN was highest in the liquid type group, followed by the condense-stirred type, condense-drink type, and control groups. The Δ VHNs of three types of fermented milk groups were higher than that of the control group ($p < 0.05$). The liquid type group showed higher Δ VHN than the other two types of condense fermented milk groups ($p < 0.05$). However, there was no significant difference in Δ VHN between the two types of condense fermented milk ($p > 0.05$). The results of SEM observation have shown the most severe surface damage in bovine teeth immersed in the liquid type of fermented milk. **Conclusions:** In this study, it appears that liquid type fermented milk causes greater development of dental erosion. The physical properties and pH of fermented milk types must be considered for prevention of dental erosion associated with ingestion of fermented milk.

Key Words: Dental erosion, Fermented milks

색인: 유산균 발효유, 치아부식증

서론

유산균 발효유에 이용되는 프로바이오틱스는 장내 살아있는 미생물로서 일정한 양을 섭취하였을 때 숙주의 건강에 이로운 영향을 준다[1]. 이는 20세기 초 생물학자 메치니코프에 의해 불가리아 사람들의 장수 비결을 프로바이오틱스와 같은 균이 함유된 발효유의 섭취라고 제안하면서 알려졌다[2].

유산균 발효유의 섭취 효능으로는 소화 흡수를 촉진시키고 미생물의 균형을 조절하여 유익한 세균을 성장시키며 신체 면역계의 활성화 및 영양소의 생체 이용률을 증가시킨다[3-5]. 이러한 긍정적인 효과가 알려지면서 유산균 발효유는 건강 증진 목적으로 많이 이용되고 있다. 이에 따라 전 세계적으로 섭취율이 매년 15% 이상 증가하고 있으며, 규칙적인 섭취도 세계 인구의 30% 이상으로 추정된다[6].

유산균 발효유에 함유되어 있는 유산균은 발효되는 과정에서 유산을 생산하므로 수소이온농도(pH)는 낮아지고 적정산도(Titratable acidity)는 높아지게 된다[7]. 국내에서 조사한 고 등[8]의 연구에 따르면 시중에서 구입한 185종의 유산균 발효유의 pH가 3.25~4.56으로 산성을 띄고 있었다. 유산균 발효유의 pH가 4.5 이하일 때 품질이 우수하다고 보고되고 있으나[6], 이러한 낮은 pH는 치아부식증을 일으킬 수 있다[9].

치아부식증은 치아 경조직의 손실 질환으로 치아우식증과는 달리 세균의 작용과는 관계 없는 다양한 외인성 및 내인성 원인으로 인한 산에 의한 화학적 작용으로 나타나며[10], 이 중 대표적인 원인을 산성음식이나 산성음료의 섭취로 보고하고 있고[11], 유산균 발효유도 외인성 요인에 해당된다. 이와 관련하여 김 등[12]과 심 등[13]의 국내 연구에서 유산균 발효유의 부식 가능성을 법랑질 표면 경도의 측정으로 확인하였으며, 국외 연구에서도 다양한 방법으로 유산균 발효유의 치아부식 위험성을 보고하였다[14-16]. 특히 유산균 발효유의 주요 소비층인 유아 및 청소년의 경우 법랑질 구조가 미성숙한 상태이므로 치아부식의 영향을 더 크게 받을 수 있다[13]. 실제로 Caglar 등[17]은 유산균 발효유를 섭취하는 어린이의 36%에서 치아부식증을 관찰하였다.

유산균 발효유를 다양하게 구분할 수 있지만 우리나라에서는 크게 무지방고형분(solid-not fat)의 함량에 따라 액상발효유(3.0%)와 농후발효유(8.0%)로 구분하고 있고 이 중 농후발효유는 떠먹는 스테드 타입과 마시는 드링크 타입으로 분류되고 있다[5]. 국내 연구에서는 유산균 발효유 중 액상발효유를 대상으로 하여 치아부식증의 위험성을 보고하고 있지만 농후발효유에 대한 연구는 이루어지지 않고 있다. 또한 액상발효유와 드링크 타입 농후발효유는 성상이 액체이지만 스테드 타입 농후발효유는 액체보다 된 호상의 형태이다. 따라서 물리적인 성상의 차이가 치아부식 가능성에 영향을 줄 수 있는지 비교하여 연구할 필요가 있다고 사료되었다.

따라서 본 연구에서는 기능성 식품으로서 일상적으로 섭취하고 있는 유산균 발효유를 액상발효유, 스테드 타입 농후발효유, 드링크 타입 농후 발효유로 구분하여 종류별로 치아부식 가능성을 평가하고자 한다.

연구방법

1. 연구재료

국내 일부 시판 중인 185종의 유산균 발효유를 크게 3가지 종류별로 나누어 pH를 조사한 이전 연구 자료[8]를 이용하여 각 종류별로 평균 pH와 유사한 pH 값을 가진 제품을 선정하였다<Table 1>. 대조군으로 생수인 제주 삼다수를 사용하였으며, 모든 연구재료는 냉장 보관 되었다가 실험에 사용되기 6시간 전에 상온 보관 후 이용하였다.

Table 1. Drinks used in the experiment

Characteristics	Division	Brand name	Manufacture
Control	Mineral water	Jeju SamDaSoo	Jeju Special Self-Governing Province Development Corp
Fermented milk	Liquid	Enyo Applecarrot	Maeil
	Condense-stirred	Super100 Premium Blueberry	Korea Yakult
	Condense-drink	Wiepeonhan Gut	Maeil

2. 연구방법

1) 연구재료의 pH 및 적정산도 평가

연구재료의 pH 측정은 pH meter (3-Star; Thermo Orion, Beverly, CA, USA)를 이용하였다. 측정 전 전극을 표준용액 pH 4.01, 7.00으로 보정하였으며, 연구재료 50 ml를 200 rpm의 속도로 교반하며 pH를 측정하였다. 적정산도 측정은 pH를 측정한 연구재료에 1 M의 NaOH를 0.05 ml씩 첨가하여 pH 5.5와 pH 7.0이 될 때까지의 양으로 평가하였다. 모든 연구재료의 pH 및 적정산도의 평가는 3회 반복하여 측정하였다.

2) 시편제작

0.1% thymol에 보관된 소의 건전한 영구절치를 증류수에 충분히 세척한 후 표면으로부터 직경 5 mm의 원통형 시편을 취득하였다. 아크릴 봉의 한쪽에 취득한 시편이 들어가도록 drilling을 하고 아크릴 레진을 사용하여 시편을 포매를 한 후 최종적으로 #60, #240, #600, #1200번 sand paper (Carbimet, Buehler, Illinois, USA)를 이용하여 법랑질 표면이 아크릴 봉의 장축에 대해 직각이 되면서 매끄럽도록 연마하여 시편을 완성하였다. 총 시편의 수는 G*power 3.1.3 프로그램을 이용하여 유산균 발효유의 치아부식증과 관련된 연구[12]를 적용하였으며, 군당 10개의 시편을 이용할 경우 power 값이 98%이므로 충분하리라 생각되어 총 40개의 시편을 사용하였다.

3) 시편의 표면미세경도 측정

연마된 시편은 표면경도계(Fm-7, Future-tech Corp, Tokyo, Japan)를 이용하여 표면미세경도를 측정하였다. 각 시편의 상·하·좌·우 가장자리에서 1 mm 안쪽으로 위치시키고 200 gm의 하중으로 10초간 압인하여 표면미세경도를 VHN (Vickers hardness number)으로 측정하였으며 4부위의 평균값을 구하였다. 그리고 군간 표면미세경도가 통계적으로 유의한 차이가 없도록 분배하였다.

4) 시편 처치

연구재료 100 ml를 준비한 후 50 ml씩 2개의 용기에 분주하고 각 용기에 시편 5개씩 침지할 수 있도록 하였다. 최소 침지 시간은 음료를 1회 섭취 시 구강 내에 잔류시간이 1분 미만이므로[18] 유산균 발효유에 의한 법랑질 부식정도를 측정하기 위한 최소 노출 적정 시간을 1분으로 하였고, 그 후 3분, 5분, 10분, 15분, 30분, 60분, 90분, 120분 동안 침지하였다. 이 때 사용한 연구재료는 실험 직전

에 개봉하였고, 성분이 침전되는 것을 막기 위해 실험 중에는 200 rpm의 속도로 교반하였다.

5) 시편 처리 후 치아부식 가능성 평가

시편을 연구재료에 시간별로 처리한 후 초기 표면미세경도를 측정했던 부위의 인접한 곳의 표면 미세경도 변화를 측정하여 부식으로 인한 탈회량을 간접적으로 측정하였다. 그리고 최종 120분을 처리한 시편의 법랑질 표면을 관찰하기 위하여 백금으로 피복한 후 주사전자현미경(JSM-7500F, JEOL, Tokyo, Japan)을 이용하여 50,000배의 배율로 관찰하였다.

6) 자료 분석

3종의 유산균 발효유와 대조군인 생수에 120분간 노출시킨 후 각 군별 처리 전·후 표면미세경도 변화는 정규성 분포를 따르고 있어 paired t-test를 사용하였으며, 군간 표면미세경도 변화의 비교는 분산 동질성 검정을 만족하여 one way ANOVA를 이용하였다. 그리고 0~120분 사이의 시간에 따른 표면미세경도의 변화 양상 차이는 repeated measures ANOVA를 이용하였고, 분산분석의 사후 분석으로 Tukey test를 사용하였다. 통계분석은 SPSS (Statistical Package for Social Science 21.0, Chicago, USA) 통계프로그램을 사용하였다.

연구결과

1. 연구재료의 pH 및 적정산도 측정 결과

본 연구에 사용된 유산균 발효유의 평균 pH는 3.93 ± 0.29 로 대조군인 생수에 비해 낮게 나타났다. 이 중 액상발효유군의 pH값이 가장 낮았고 그 다음은 스테드 타입 농후발효유군, 드링크 타입 농후발효유군 순이었다<Table 2>.

적정산도 pH 5.5와 7.0 값의 결과 스테드 타입 농후발효유군이 가장 높아 다른 2종의 유산균 발효유에 비해 pH값을 올리는데 1 M의 NaOH가 더 많이 필요하였다<Table 2>.

Table 2. The pH and titratable acidity of experimental groups

Unit : Mean±SD

Group	pH	Titratable acidity (ml)	
		pH 5.5	pH 7.0
Mineral water (Control)	7.55±0.01	-	-
Liquid type	3.55±0.01	2.40±0.05	3.17±0.03
Condense-stirred type	4.09±0.01	2.92±0.03	5.00±0.05
Condense-drink type	4.17±0.02	2.45±0.09	4.32±0.06

2. 치아부식 가능성 평가 결과

1) 법랑질 표면미세경도 변화

3종의 유산균 발효유와 대조군인 생수에 120분간 노출시킨 후 시편의 법랑질 표면미세경도 차이 (Δ VHN)는 액상발효유군, 스테드 타입 농후발효유군, 드링크 타입 농후발효유군, 생수군 순이었고 <Table 3>, 군간 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p < 0.05$). 생수군은 처리 전과 120분 처리 후의 법랑질 표면미세경도가 유의한 차이를 나타내지 않았으나($p > 0.05$), 모든 유산균 발효유군은 법랑질 표면미세경도가 유의하게 감소하였다($p < 0.001$).

3종의 유산균 발효유 중 액상발효유군이 다른 2종의 농후발효유군에 비해 뚜렷하게 법랑질 표면미세경도가 감소하였고($p < 0.05$), 다른 2종의 농후발효유군은 비슷한 양상을 나타내었다<Table 3>. 이는 0~120분 사이의 시간에 따른 표면미세경도의 변화 비교에도 같은 양상을 나타내었다<Fig. 1>.

Table 3. Differences in surface microhardness after treatment for 120 minutes

Unit : Mean \pm SD, VHN

Group	N	0 min	120 min	Δ VHN**
Mineral water (Control)	10	218.18 \pm 15.69	209.24 \pm 16.46	8.94 \pm 13.60 ^a
Liquid type*	10	219.20 \pm 15.07	36.59 \pm 7.45	182.61 \pm 15.20 ^c
Condense-stirred type*	10	219.56 \pm 14.59	165.21 \pm 12.07	54.35 \pm 13.23 ^b
Condense-drink type*	10	219.30 \pm 14.27	171.05 \pm 10.82	48.26 \pm 8.95 ^b

* $p < 0.05$ by paired t-test

** $p < 0.01$ by one-way ANOVA

^{a,b,c}The same letter indicates no significant difference by Tukey test at $\alpha = 0.05$

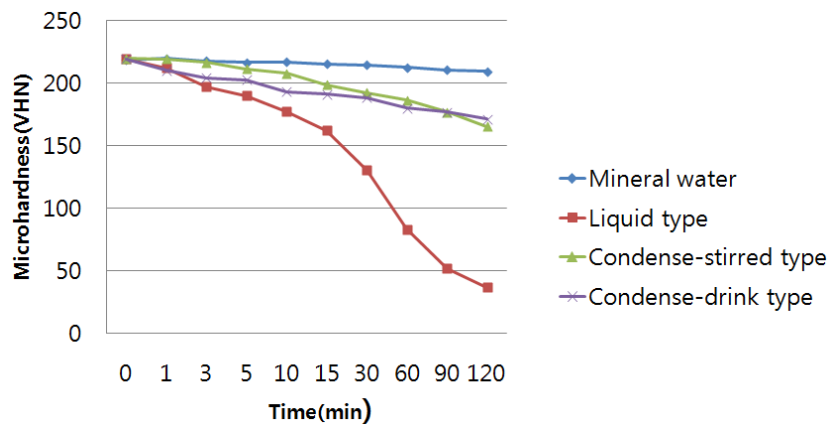


Fig. 1. Changes in enamel surface microhardness (VHN) over exposure time to the experiment materials

2) 주사전자현미경에 의한 법랑질 표면 형태 변화

3종의 유산균 발효유와 대조군인 생수에 120분간 노출시킨 후 주사전자현미경으로 법랑질 표면의 형태를 관찰한 결과 액상발효유군이 가장 거칠고 잘게 부서진 결정의 형태의 표면을 보여 손상이 많이 되었음을 확인하였다. 그리고 2종의 유산균 발효유군은 서로 유사한 양상을 보여주었으며 생

수준에 비해 더 많은 균열이 보여 표면이 손상되었음을 관찰하였다<Fig. 2>.

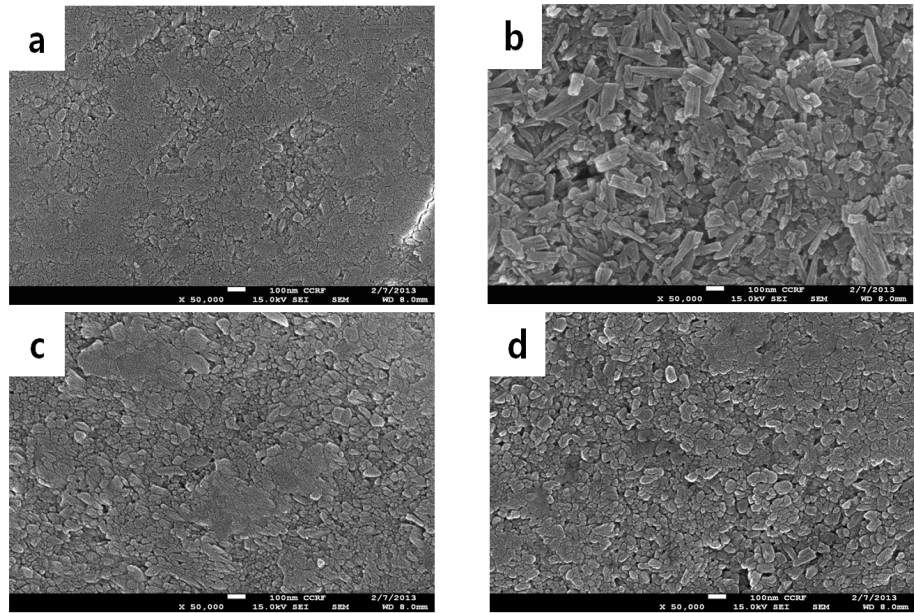


Fig. 2. SEM image of enamel surface after treatment on enamel (a: Mineral water, b: Liquid type, c: Condense-stirred type, d: Condense-drink type, × 50,000)

총괄 및 고안

유산균 발효유는 우유, 마유, 산양유 등에 유산균 및 효모를 스타터로 하여 발효시킨 건강식품으로 전 세계적으로 섭취율이 증가하고 있다[5,6]. 실제로 2013년 건강기능식품의 제조품목수로 비타민 및 무기질, 홍삼에 이어 프로바이오틱스가 3위를 차지하였고 성장률은 앞선 두 제품보다 더 높은 1위를 차지하였다[19].

유산균 발효유는 발효되는 과정에서 생성되는 유산 뿐만 아니라 과즙, 구연산의 첨가로 pH가 낮아지는데 건강기능식품이라는 특성상 정기적인 섭취의 경우가 많아 치아부식증의 위험이 높아지게 된다. 치아부식증은 화학적, 행동학적 그리고 생물학적 요인이 동시에 작용하였을 때 나타나는 다요인성 질환으로, 이 중 화학적 요인은 음료 및 식품의 pH, 완충능, 점착도, 포함된 산의 종류 및 무기질 함유량이 해당된다[20]. 따라서 본 연구에서는 유산균 발효유를 세 가지 타입으로 구분하여 pH와 적정산도를 측정하고 소의 영구절치를 이용하여 법랑질 표면미세경도 측정과 표면 형태 관찰로 치아부식 가능성을 평가하고자 하였고, pH, 적정산도 그리고 점착도에 영향을 줄 수 있는 물리적 성상 중 어떠한 요인이 치아부식에 영향을 미치는지 확인하고자 하였다.

본 연구 결과 3종의 유산균 발효유 중 액상발효유군이 다른 2종의 농후발효유군에 비해 법랑질 표면미세경도가 크게 감소하였고 법랑질 표면 형태도 거칠어 가장 치아부식 가능성이 높았다. 액상발효유군의 pH가 3.55±0.01로 다른 발효유에 비해 가장 낮고 산성을 나타냈다. 또한 다른 2종의 농후발효유군의 pH는 유사하였으며 표면미세경도 변화와 표면 형태도 비슷한 결과를 나타내어 본 연구

결과에 발효유의 pH가 영향을 주었으리라고 생각된다. 구강 내 산성음식을 섭취하면 산도가 적정산도로 변화되므로[21], pH 뿐만 아니라 적정산도 또한 치아부식에 영향을 주는 요인이 될 수 있다. 하지만 본 연구에서는 적정산도가 스테드 타입 농후발효유군이 가장 높았으며 드링크 타입 농후발효유군, 액상발효유군 순으로 나타나 적정산도의 영향을 받지 않았음을 알 수 있다. 스테드 타입 농후발효유의 경우 다른 2종의 유산균 발효유보다 점성이 높아 1 M의 NaOH를 떨어뜨렸을 때 희석이 어려워 pH를 올리는데 더 많은 양을 넣었을 가능성이 있다. 본 연구에서는 소의 영구절치 시편을 각 연구재료에 적용한 후 구강 내 타액을 대신하여 동일하게 30초 동안 흐르는 증류수에 세척하였다. 하지만 실제 구강 내에서는 스테드 타입 농후발효유의 경우 점성이 높아 다른 2종의 발효유보다 구강 내 오랫동안 잔존할 가능성이 존재한다. 따라서 어느 한 요인만이 아니라 치아 부식에 대하여 감수성을 결정하는 요인들, 즉 구강 내 연조직, 치아 형태, 타액의 성분 및 완충능 등[22] 다양한 영향을 고려하여 평가할 필요가 있다.

본 연구에서는 유산균 발효유에 의한 법랑질 부식가능성을 측정하기 위한 최소 노출 시간을 1분으로 하였는데, 1분간 침지 후 법랑질 표면미세경도를 측정한 결과 대조군(219.43±12.65)과 스테드 타입 농후발효유군(219.01±12.61)은 침지 전과 변화가 없었지만, 액상발효유군(211.92±15.84)과 드링크 타입 농후발효유군(210.11±13.99)은 침지 전에 비해 표면미세경도가 감소하였다. 본 연구에 사용한 소의 영구절치 시편의 경우 연마과정을 거치면서 최외곽층의 법랑질 표면이 제거되어 실제 치아에 비해 산성음식에 더 민감하게 반응하였을 것으로 생각되나, 액상발효유군과 드링크 타입 농후발효유군의 경우 1분이라는 짧은 시간의 섭취에도 표면미세경도가 감소되어 치아부식을 일으킬 수 있음을 확인하였다.

다른 연구들에서도 유산균 발효유의 치아부식 위험성을 보고하고 있는데 국내에서 김 등[12]은 칼슘 함유량이 다른 3종의 유산균 발효유의 부식 정도를 평가한 결과 모든 실험 유산균 발효유에서 법랑질의 표면미세경도가 낮아졌음을 보고하였고, 심 등[13]은 사람 유치를 사용하여 유산균 발효유에 침적한 결과 모든 유산균 발효유에서 법랑질 표면미세경도가 감소하였다고 보고하였다. 국외 연구에서 Jitpukdeebodindra 등[14]은 법랑질에 먼저 산성 음료를 노출시킨 후 drinkable yogurt를 적용한 결과 법랑질에 추가적인 용해를 관찰하였고, Meurman 등[15]은 Strawberry yogurt를 섭취한 후에 혀 표면의 pH를 측정한 결과 cola나 orange juice보다 더 높은 부식 능력을 갖고 있다고 보고하였다. 또 Shibata 등[16]은 햄스터와 쥐에 지속적으로 발효유를 투여하였을 때 치아우식 뿐만 아니라 치아부식 병변이 유발됨을 관찰하였다.

이러한 치아부식증은 성인 뿐만 아니라 유아 및 청소년에서도 치아 구조 손실의 큰 원인이다. Millward 등[23]은 영국의 4~5세 어린이 178명을 구강검사 한 결과 48%의 어린이에서 치아부식의 증상이 있음을 보고하였고, 우리나라의 경우 15세 1,088명의 청소년들에게 구강검사와 설문조사를 한 결과 9.6%의 학생에서 치아부식증을 확인하였다[24]. 이러한 높은 유병률에도 불구하고 Dugmore와 Rock[25]의 연구에 따르면 임상에서 치과의사들이 치아부식증을 발견하더라도 환자들에게 알리는 경우는 드물다고 하였으며, 실제로도 많은 사람들이 치아우식증에 비해 치아부식증에 대한 정보와 인식은 부족한 실정이다.

본 실험에서는 치아부식 정도의 차이는 있었으나 모든 실험 유산균 발효유에서 법랑질 부식을 유발하였다. 하지만 국외 연구에서 다른 결과를 보고하기도 하였는데, Lodi 등[26]은 오직 외관상 미세 탈 손실만 있을 뿐 법랑질의 부식을 촉진하지 않는다고 하였고, Wongkhantee 등[27]도 그와 유사한 결과를 보고하였다. 이들의 연구에서 유산균 발효유가 부식 가능성이 없는 이유를 발효유에 함유되어 있는 Ca과 P에 의한 보호 효과라고 주장하였지만 본 연구 및 국내연구의 결과와 다른 이유를 몇 가지 예상해 볼 수 있다. 첫째, 국내와 국외에서 실험된 유산균 발효유의 제조방식과 함유된 성분에 차이가 있을 가능성이 있고 둘째, 국외연구에서는 hydroxyapatite와 fluorapatite의 포화 정도를 computer program을 이용한 방법이나 표면거칠기 측정 및 *in situ* 연구 등 다양한 방법으로 부식가능성을 측정 하였기에 서로 다른 측정 방법에 의한 가능성이며 셋째, 유산균 발효유에 침지한 시간의 차이에 의한 가능성이다. 따라서 다양한 치아부식 가능성의 측정 방법과 실제 구강에 적용되는 시간 등을 고려한 추가적인 연구가 필요하리라 생각된다.

Al-Majed 등[28]은 늦은 시간에 음료를 섭취하는 횟수와 입에 머금고 있는 시간이 증가할수록 치아부식증이 있는 상악 영구전치의 수가 증가한다고 보고하였는데, 치아부식증 예방을 위해 가장 확실한 방법은 치아에 산이 접촉되지 않도록 하는 것이지만 실제로는 되도록 식사시간에 섭취하여 섭취횟수를 줄이거나 빠르게 섭취하는 방법 그리고 빨대를 사용하는 것과 같은 식이지도가 필요하다고 하였다. 그리고 치아부식이 일어난 후 바로 칫솔질을 하게 되면 치아의 마모가 증가하게 되는데 [29], Rios 등[30]이 탄산음료를 섭취한 후 적어도 1시간 후에 칫솔질을 할 것을 제한한 것처럼 유산균 발효유를 섭취한 후 탈회된 치아가 타액에 의해 재광화 될 시간이 주어지도록 바로 칫솔질 하지 않을 것을 권할 수 있다.

본 연구는 소의 영구절치를 이용하여 120분 동안 유산균 발효유에 침지한 결과이므로 타액의 영향은 고려되지 않았다. 타액의 경우 치아표면에 획득피막을 형성하고 재광화에 필요한 Ca, P을 공급하기 때문에 치아부식증과 관련된 중요한 변수이다[31]. 또한 구강 내 낮아진 pH는 구강 내 산을 희석시키는 타액의 완충작용으로 20~30분 후에는 정상으로 회복이 되기 때문에[32], 단순히 타액의 영향을 고려한 연구만이 아니라 실제 구강환경과 유사한 연구방법으로 유산균 발효유에 의한 탈회와 타액에 의한 재광화를 동시에 확인할 수 있는 추가적인 연구가 필요하리라 생각된다. 또한 본 연구에서는 치아부식 가능성을 법랑질 표면미세경도와 표면 형태 변화로 관찰하였지만, 치아부식증의 경우 산에 의해 표면이 거칠어지기 때문에 추후에는 법랑질 표면의 거칠기를 측정하는 방법이 추가로 필요할 것으로 사료된다.

본 연구에서 3종의 유산균 발효유에 노출 후 나타나는 법랑질 표면미세경도 값의 차이는 여러 요인 중 pH가 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났지만, 3종의 유산균 발효유 모두 법랑질 표면미세경도 감소와 함께 표면 형태가 손상되었음을 확인하였다. 따라서 소비자는 식이습관 중 산성음료의 섭취 증가로 치아부식증이 일어날 수 있음을 이해하고 특히 유산균 발효유를 자주 섭취하는 고위험군에게 치아부식증 예방을 위한 지침을 제공하는 것이 필요하리라 생각된다.

결론

본 연구에서는 기능성 식품으로서 일상적으로 섭취하고 있는 유산균 발효유를 액상발효유, 스테드 타입 농후발효유, 드링크 타입 농후 발효유로 구분하여 종류별로 치아부식 가능성을 평가하였다. 대조군인 생수와 3종의 유산균 발효유의 pH와 적정산도를 측정하였고, 각 연구재료에 소의 영구절치를 1분, 3분, 5분, 10분, 15분, 30분, 60분, 90분, 120분 동안 침지하였다. 치아부식 가능성을 평가하기 위해 각 시간별로 침지한 후 법랑질 표면미세경도를 측정하였고, 최종적으로 120분 침지한 후에는 주사전자현미경을 통해 법랑질 표면 형태를 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 유산균 발효유의 pH는 액상발효유군이 3.55 ± 0.01 , 스테드 타입 농후발효유군이 4.09 ± 0.01 , 드링크 타입 농후발효유군이 4.17 ± 0.02 으로 액상발효유군이 가장 낮게 나타났다.
2. 연구재료에 120분 처리 전 후 표면경도차(Δ VHN)는 액상발효유군(182.61 ± 15.20)이 가장 높았고, 스테드 타입 농후발효유군(54.35 ± 13.23), 드링크 타입 농후 발효유군(48.26 ± 8.95), 생수군(8.94 ± 13.60) 순으로 나타났으며 군간에 차이가 나타났다($p < 0.05$). 생수군은 처리 전과 120분 처리 후의 법랑질 표면미세경도가 유의한 차이를 나타내지 않았으나($p > 0.05$), 모든 유산균 발효유군은 법랑질 표면미세경도가 유의하게 감소하였으며($p < 0.05$), 3종의 유산균 발효유 중 액상발효유군이 다른 2종의 농후발효유군에 비해 뚜렷하게 법랑질 표면미세경도가 감소하였다.
3. 주사전자현미경으로 법랑질 표면의 형태를 관찰한 결과 액상발효유군이 가장 거칠고 잘게 부서진 결정의 형태의 표면을 보여 손상이 많이 되었음을 확인하였다.

위와 같이 pH가 가장 낮은 액상발효유군이 다른 2종의 농후발효유군에 비해 가장 큰 법랑질 표면미세경도의 감소와 표면 손상을 나타내었다. 따라서 유산균 발효유 섭취시에 치아표면의 치아부식 위험을 낮추기 위해서 제조사는 좀 더 pH가 높고 치아표면 손상이 적은 유산균 발효유를 개발하고 소비자는 이러한 위험도가 낮은 유산균 발효유를 섭취하는 것이 필요하다고 사료된다.

References

- [1] Gorbach SL. Probiotics in the third millennium. *Dig Liver Dis* 2002;34 Suppl 2:S2-7.
- [2] Twetman S, Stechsen-Blicks C. Probiotics and oral health effects in children. *Int J Pediatr Dent* 2008;18:3-10. <https://doi.org/10.1111/j.1365-263X.2007.00885.x>.
- [3] Turpin W, Humblot C, Thomas M, Guyot JP. Lactobacilli as multifaceted probiotics with poorly disclosed molecular mechanisms. *Int J Food Microbiol* 2010;143:87-102. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2010.07.032>.
- [4] Madsen K, Cornish A, Soper P, McKaigney C, Jijon H, Yachimec C, et al. Probiotic bacteria enhance murine and human intestinal epithelial barrier function. *Gastroenterology* 2001;121:580-91.
- [5] Lee JL, Huh CS, Baek YJ. Utilization of fermented milk and its health promotion. *Korean Dairy Techno* 1999;17:58-71.
- [6] Jung IJ. Effect of agitation on the growth of starter and the quality of fermented products [Master's thesis]. Seoul: Univ. of Korea, 2010.
- [7] Aguirre-Ezkauriatza EJ, Galarza-González MG, Uribe-Bujanda AI, Ríos-Licea M, López-

- Pacheco F, Hernández-Brenes CM, et al. Effect of mixing during fermentation in yogurt manufacturing. *J Dairy Sci* 2008;91:4454-65. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1140>.
- [8] Ko SJ, Jeong SS, Choi CH, Kim KH. pH and buffering capacity in some commercial fermented milks. *J Korean Soc Dent Hyg* 2013;13:701-11. <https://doi.org/10.13065/iksdh.2013.13.4.701>.
- [9] McCay CM, Will L. Erosion of molar teeth by acid beverages. *J Nutr* 1949;39:313-24.
- [10] Imfeld T. Dental erosion. Definition, classification and links. *Eur J Oral Sci* 1996;104:151-5.
- [11] Dugmore CR, Rock WP. A multifactorial analysis of factors associated with dental erosion. *Br Dent J* 2004;196:283-6. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.4811041>.
- [12] Kim MA, Jeong SS, Youn HJ, Park YN, Choi CH, Hong SJ. The erosive effect of some commercial yogurts including different calcium contents on enamel surface. *J Korean Acad Dent Health* 2011;35:266-72. <https://doi.org/10.7841/ksbbj.2014.29.2.112>.
- [13] Sim JH, Jeong TS, Kim S. A study on the enamel erosion by fermented milks. *J Korean Acad Pediatr Dent* 2004;31:555-63.
- [14] Jitpukdeebodindra S, Chuenarom C, Muttarak C, Khonsuphap P, Prasattakarn S. Effects of 1.23% acidulated phosphate fluoride gel and drinkable yogurt on human enamel erosion, *in vitro*. *Quintessence Int* 2010;41:595-604.
- [15] Meurman JH, Rytömaa I, Kari K, Laakso T, Murtomaa H. Salivary pH and glucose after consuming various beverages including sugar-containing drinks. *Caries Res* 1987;21:353-9. <https://doi.org/10.1159/000261039>.
- [16] Shibata H, Takehara T, Nara Y, Imazato M, Inoue M, Morioka T. Caries-promoting properties of fermented milk beverages containing live or killed lactobacillus. *Koku Eisei Gakkai Zasshi* 1977;27:46-58. <https://doi.org/10.5834/jdh.27.46>.
- [17] Caglar E, Kargul B, Tanboga I, Lussi A. Dental erosion among children in an istanbul public school. *J Dent Child(Chic)* 2005;72:5-9.
- [18] Shin YH, Kim YJ. Study on the primary tooth enamel erosion caused by children beverage. *J Korean Acad Pediatr Dent* 2009;36:227-36.
- [19] Lee EH. A study of consumer cognitions on probiotics [Master's thesis]. Seoul: Univ. of Chungang, 2016.
- [20] Lussi A, Jaeggi T. Chemical factors. *Monogr Oral Sci* 2006;20:77-87. <https://doi.org/10.1159/000093353>
- [21] Choi DY, Shin SC. A study on pH of several beverages in Korea. *J Korean Acad Dent Health* 1996;20:399-410.
- [22] Linnett V, Seow WK. Dental erosion in children : A literature review. *Pediatr Dent* 2001;23:37-43.
- [23] Millward A, Shaw L, Smith A. Dental erosion in four-year-old children from differing socioeconomic backgrounds. *ASDC J Dent Child* 1994;61:263-6.
- [24] Lim KC. Dental erosion prevalence and dietary factors in Korean adolescents[Master's thesis]. Seoul: Univ. of Seoul National, 2016.
- [25] Dugmore CR, Rock WP. Awareness of tooth erosion in 12 year old children and primary care dental practitioners. *Community Dent Health* 2003;20:223-7.
- [26] Lodi CS, Sasaki KT, Fraiz FC, Delbem AC, Martinhon CC. Evaluation of some properties of fermented milk beverages that affect the demineralization of dental enamel. *Braz Oral Res* 2010;24:95-101.
- [27] Wongkhantee S, Patanapiradej V, Maneenut C, Tantbirojn D. Effect of acidic food and drinks on surface hardness of enamel, dentine, and tooth-coloured filling materials. *J Dent* 2006;34:214-20. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2005.06.003>.
- [28] Al-Majed I, Maguire A, Murray JJ. Risk factors for dental erosion in 5-6 year old and 12-14 year old boys in Saudi Arabia. *Community Dent Oral Epidemiol* 2002;30:38-46. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0528.2002.300106.x>.

- [29] Hemingway CA, Parker DM, Addy M, Barbour ME. Erosion of enamel by non-carbonated soft drinks with and without toothbrushing abrasion. *Br Dent J* 2006;201:447-50. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.4814073>.
- [30] Rios D, Honório HM, Magalhães AC, Buzalaf MA, Palma-Dibb RG, Machado MA, et al. Influence of toothbrushing on enamel softening and abrasive wear of eroded bovine enamel: an *in situ* study. *Braz Oral Res* 2006;20:148-54.
- [31] Zero DT. Etiology of dental erosion-extrinsic factors. *Eur J Oral Sci* 1996;104:162-77.
- [32] Stephan RM, Miller BF. A quantitative method for evaluating physical and chemical agents which modify production of acids in bacterial plaques on human teeth. *J Dent Res* 1943;22:45-51.