

수증 유산균 발효유의 법랑질 침식효과에 대한 연구

심정호 · 정태성 · 김 신

부산대학교 치과대학 소아치과학교실

국문초록

치아침식증은 순수한 화학적 반응에 의한 치아 경조직의 소실로 정의된다. 침식의 원인요소로는 여러 가지가 이미 거론된 바, 최근에 들어서는 이 중 산성음식과 음료가 중요한 요소로 관심을 모으고 있다.

특히 최근 들어서는 다양한 산성 음료의 소비가 급증하는 추세이고, 성장기 어린이나 청소년이 이러한 음료를 선호하여 음용의 빈도가 우려할 만한 수준으로 치아침식증을 촉진할 것으로 생각된다. 이 중 유산균 발효유는 비교적 저렴하고 쉽게 접할 수 있으며, 어린이가 주 소비자라는 점, 그리고 유치와 새로 맹출한 영구치가 침식에 더욱 취약하다는 점에서 소아치과학 분야의 관심사가 되기에 충분하다고 사료되었다.

따라서 본 연구는 유산균 발효유에 의한 유치의 법랑질 침식 정도를 평가할 목적으로 시행되었다. 시판중인 4종의 유산균 발효유를 선정하고 각각의 산도, 완충능 및 일부 무기이온 농도를 측정하였다. 그리고 40개의 유치 법랑질 시편을 4개 군으로 나누어 30분, 60분, 90분, 120분 동안 20℃, 80ml의 각 시료에 담근 후 각 시간대별 법랑질의 침식정도를 알기 위해 표면미세경도를 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 본 실험에 사용된 유산균 발효유의 산도는 평균 pH 3.77로서 치아침식증을 유발하기에 충분한 수준이었다.
2. 유산균 발효유에 대한 노출 후의 법랑질 표면경도는 대조군에 비해 모든 시료에서 낮아졌다($p < 0.05$). 노출시간에 따른 법랑질 표면경도의 변화는 모든 실험군에서 초기에는 급격히 낮아지다가 시간경과에 따라 그 정도가 덜해지는 양상을 보였다.
3. 법랑질이 시료에 노출된 30분에서 120분까지의 법랑질 표면경도 변화양상은 시료마다 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$).

주요어 : 치아 침식증, 유산균 발효유, 산도, 완충능, 무기이온

I. 서 론

치아는 여러 요인에 의해 경조직이 비가역적으로 소실될 수 있으며 이 현상을 통칭하여 마모라고 부른다. 이것은 그 원인에 따라 몇 가지 유형으로 분류되는데, 치아 침식증(dental erosion, erosive tooth wear)은 미생물이 개입되지 않은 순수한 화학적 반응에 의한 치아 경조직의 소실로 정의되며¹⁾, 교모(attrition)는 저작의 치아 교합접촉에 의한 물리적인 마모 현상이

고, 협의의 마모(abrasion)는 비기능적인 물리적 자극을 통해서 치아가 병적으로 닳는 현상을 말한다.

이 중 치아 침식증에는 여러 가지 원인요소가 개입하며, 크게 내부적인 원인과 외부적인 원인으로 나눌 수 있다. 내부적인 원인요소 중 대표적인 신경성 식욕부진(anorexia nervosa)의 경우에는 위산이 구강으로 역류하여 치아 침식을 유발한다. 외부적인 원인요소로는 과일 등의 산성 음식물 섭취와 산성 음료의 음용이 대표적인 예이다. 그리고 특수 화학공장 등 작업장의 산성 환경에 지속적으로 노출됨으로써 공기 중의 산성 물질이 흡기를 통해 구강으로 유입되면서 치아 침식을 유발할 수 있고²⁾, 염소로 소독된 실내수영장에서 장기간 근무하는 경우에도 침식이 유발되었다는 보고가 있다³⁾.

산성 음료와 산성 음식의 섭취, 환경적인 산성 노출과 위산의 역류 등 내적인 요인 외에도 치아의 형태, 구강내 연조직의 영

교신저자 : 김 신

부산시 서구 아미동 1가 10번지
 부산대학교 치과대학 소아치과학교실
 Tel : 051-240-7449
 E-mail : shinkim@pusan.ac.kr

향, 타액의 영향 등이 침식에 대한 개인의 감수성을 결정하는 요인들이다¹⁾.

치아 침식의 여러 가지 원인 중에서 최근 들어서는 산성 음식과 음료에 관심이 집중되고 있다. 각종 음료의 공급이 질적으로나 양적으로 팽창하여 이제는 대부분의 사람들이 일상적으로 소비하고 있으나, 특히 성장기 어린이나 청소년들이 주된 소비자인 경우가 많고 그 음용의 빈도가 우려할 수준으로 치아 침식을 촉진할 개연성과 이에 대한 심층적인 연구의 필요성이 절실하다고 사료되었다. 외국에서는 이미 이러한 음료들에 의한 치아 침식 연구가 상당히 진전되었고 이에 의거한 새로운 제품들이 광고되고 있으나, 국내에서는 이에 대한 연구적 관심이나 산업적인 대응이 거의 없었다고 할 수 있다.

따라서 본 연구는 어린이들이 비교적 일상적으로 접하고 있는 유산균 발효유종 시판되는 몇 가지 종류를 선택, 그 성분을 분석하고 이들이 치아 법랑질의 침식에 미치는 영향에 대해 조사 분석할 목적으로 시행되었다.

II. 연구 재료 및 방법

가. 연구 재료

생리적으로 탈락한 지 2주 이내의 우식이 없고 균열, 파절, 마모 등 치면의 결함이 보이지 않는 40개의 유치를 선별하여 생리 식염수에 냉장 보관하였다. 실험에 사용된 유산균 발효유는 시판되고 있는 대표적인 4종을 선택, 당일 제조된 것으로 구입하여(Table 1), 실험에 투입될 때까지 4℃에서 냉장 보관하였다.

나. 연구 방법

1. 유산균 발효유의 성분 분석

1) 산성도와 완충능(buffering capacity)의 측정

pH 4.0과 7.0의 표준 완충용액으로 전극을 적정하였다. 상온의 유산균 발효유 시료를 개봉하여 50 ml를 비커에 담아 산도를 측정하였다. Edwards 등⁴⁾에 의하면 완충능은 산성 음료가 pH의 변화에 대해 저항하는 성질로 정의되며 Larsen과 Nyvad⁵⁾는 용액의 완충능은 NaOH로 적정을 해서 결정할 수 있다고 설명하였다. 따라서 본 실험에서 완충능은 각 유산균 발효유를 pH 5.5와 7.0까지 변화시키는데 필요한 NaOH의 양으로 정의하였고, 50 ml의 유산균 발효유에 1M NaOH를 0.5 ml

Table 1. Fermented milks used in the experiment

fermented milk	manufacturer	unit
E-5	Namyang Milk Co.	80 ml
Enyo	Maeil Milk Co.	80
Ace	Korea Yakult Co.	80
Plus-5	Lotte milk Co.	100

씩 첨가하여 non-heating magnetic stirrer로 균일하게 혼합한 후 안정화된 pH의 값을 측정하였으며 이 과정을 혼합용액이 pH 7.0에 도달할 때까지 반복하였다.

2) 칼슘, 인, 불소 이온 농도 측정

유산균 발효유를 25,000 rpm으로 원심분리하고 상청액을 채취하여 칼슘 농도는 ICP Atomic Emission Spectrometer (ICP-IRIS, Thermo Jarrel Ash)에서, 인과 불소 농도는 Ion Chromatograph(DX-500, DIONEX)에서 정량분석하였다.

2. 법랑질 시편에 대한 침식 유발도 조사

발거한 유치를 24시간 동안 5% NaOCl 용액에 담근 후 표면 연조직을 제거하고 증류수에서 행궤다. 법랑백악 경계부에서 수평 절단하여 치근을 제거하고 치관부에서 4 mm² 이상의 40개 법랑질 절편을 채취하였다. 직경 10 mm, 높이 10 mm 원주형의 epoxy resin mold를 제작, 원주의 장축에 대해 법랑질 표면이 수직이 되도록 위치시키고 법랑질 표면을 제외한 모든 면은 mold내에 포매하였다. 법랑질 표면을 #600, #1000 silicon carbide 연마지 및 알루미나 분말로 연마하여 침식 유발을 위한 법랑질 시편을 준비하였다.

시료를 4개 군으로 분리하고 20 ℃, 80 ml의 각 유산균 발효유에 담근 후 30분, 60분, 90분, 120분 경과된 때에 회수하여 1분간 증류수로 세척하고 건조시켜 표면미세경도를 측정하였다. 침식 유발 중 일부 성분의 침전을 방지하기 위해 non-heating magnetic stirrer로 서서히 교반하며 침식을 유발하였으며 유산균 발효유는 각 측정 때마다 새 것으로 교환하였다. Vicker's diamond indenter가 부착된 미세경도측정기(MVK-H100, Akashi)에서 법랑질 표면에 수직으로 10초간 300gm의 하중을 가한 후 시편당 다섯 부위에서 표면경도(Vicker's Hardness Number, VHN)를 측정하였다.

3. 통계 처리

유산균 발효유의 종류는 명목형 자료로서 분석에서 설명변수로 사용하고 법랑질의 VHN은 연속형 자료로 종속변수로 사용하였다. 변수 간의 관계를 분석하기 위해서는 일원분산분석, 유의한 차이가 있는 경우에 어떤 범주들끼리 grouping이 되는지를 살펴보기 위해서는 다중비교분석법으로 Duncan 방법을 적용하여 분석하였다.

III. 연구성적

1. 유산균 발효유의 성분 분석

1) 산성도와 완충능

실험 대상 유산균 발효유들의 산도는 평균 pH 3.77이었다. 에이스가 pH 3.84, 플러스오 pH 3.81, 엔요 pH 3.75, 이오 pH 3.66의 순으로 나타났다. 각 시료의 완충능에서는 에이스

가 가장 낮았고 플러스오가 그 다음이었다(Table 2, Fig. 1).

2) 칼슘, 인, 불소 이온 농도 측정

엔요와 플러스오의 칼슘 농도가 높았으며 그 다음으로 에이스, 이오의 순이었다. 인 농도에 있어서는 엔요가 가장 높았으며 그 다음으로 에이스, 플러스오, 이오의 순이었다. 불소 농도는 엔요와 에이스가 가장 높았으며 그 다음으로 플러스오, 이오의 순이었다.

2. 법랑질 시편에 대한 침식 유발도 측정

시료용액인 유산균 발효유에 담그기 전 법랑질의 표면미세경도에 있어서는 군 간에 유의한 차이가 없었다($p>0.05$). 유산균 발효유에 담근 후 법랑질 표면경도는 모든 군에서 낮아졌다. 유산균 발효유와의 접촉시간 증가에 따른 전반적인 법랑질 표면경도의 변화를 살펴보면 모든 군에서 초기에는 급격하게 낮아지다가 시간이 지날수록 그 정도가 완화되는 양상을 보였다(Table 3, Fig. 2).

Table 2. pH, buffer capacity and concentrations of Ca, P and F ions in specimen

	pH	buffer capacity		concentration (ppm)		
		pH 5.5	pH 7.0	Ca	P	F
E-5	3.66	2.97	3.65	721.7	380.2	854.6
Ace	3.84	2.56	3.38	898.0	486.2	947.7
Enyo	3.75	3.09	3.88	959.4	575.5	959.7
Plus-5	3.81	2.73	3.50	954.3	415.1	887.2
average	3.77	2.84	3.60	883.4	464.3	912.3

Table 3. Changes in microhardness of enamel specimens with increased exposure time to 4 kinds of fermented milk

	0	30	60	90	120 min
E-5	312.16	273.96	247.94	230.49	226.78
Ace	320.22	291.65	270.50	264.06	260.25
Enyo	331.03	312.49	285.67	277.67	272.06
Plus-5	310.55	292.44	253.70	237.73	233.47
average	318.49	292.64 (8.15)	264.45 (17.03)	252.49 (20.82)	248.14 (22.18)

Mean(VHN) & reduction rate(%)

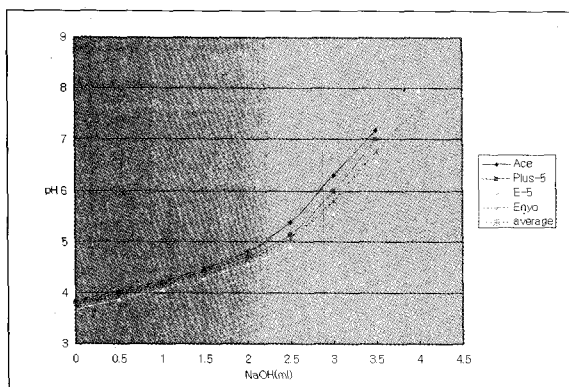


Fig. 1. Base pH value and buffer capacity of fermented milk specimens

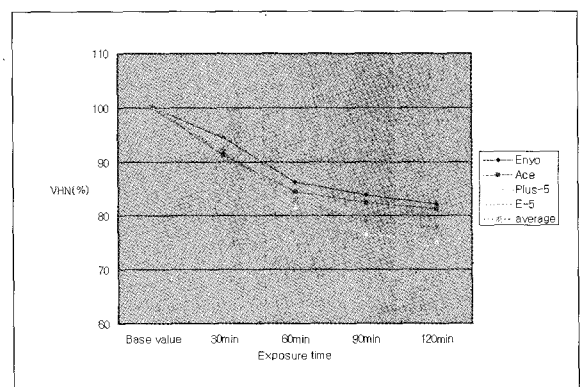


Fig. 2. Changes in enamel surface hardness(VHN) by elapse of exposure time

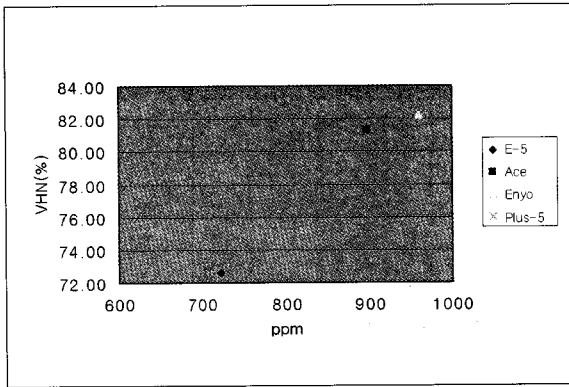


Fig. 3. Calcium concentration of specimen versus the percentage of surface microhardness

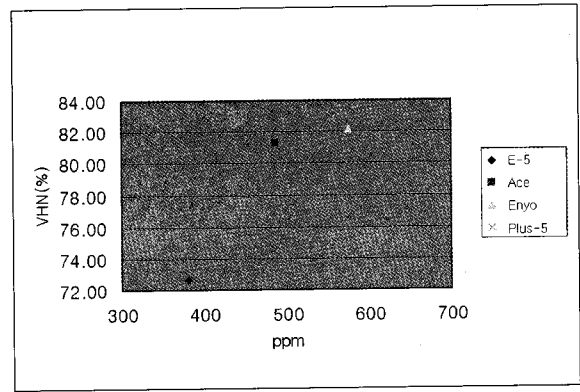


Fig. 4. Phosphate concentration of specimen versus the percentage of surface microhardness

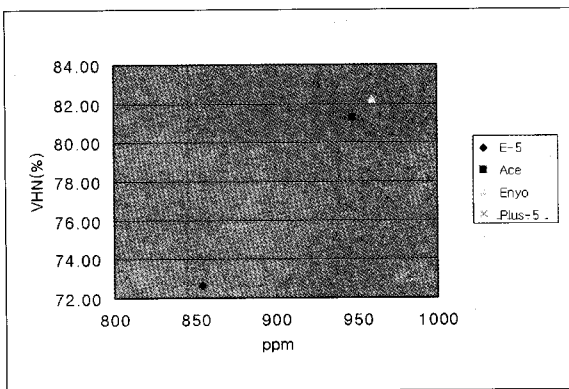


Fig. 5. Fluoride concentration of specimen versus the percentage of surface microhardness

IV. 총괄 및 고찰

치아가 닳는 과정(wearing)은 비기능적인 마모(abrasion)와 기능적인 교모(attrition), 그리고 화학적 과정에 의한 침식(erosion)으로 나누어 생각할 수 있다. 임상적인 진단을 위해서는 이와 같이 분류하나 대부분의 실제 상황에서는 복합적인 양상으로 나타난다. 치아 침식은 특징적으로 양측성으로 여러 치아에 나타나며 대개 탈회과정에 동반되는 백묵화나 거친 표면을 나타내지 않고, 법랑질 표면은 활택하며 그 변연부는 정상 표면으로 부드럽게 이행되며 색조변화가 없다⁶⁾. 우식은 법랑질의 표층하 탈회로 시작되지만, 침식에 의한 초기 탈회는 표층하 병소의 형성이 없이 법랑소주 변연부가 연화되며 이것은 근본적으로 표면에서 일어나는 현상으로서 오목한 면을 형성하는 것이 특징이다⁷⁾. 마모는 잇솔질과 연관되어 편측의 협측 치경부에 나타나는 것이 일반적이나 침식은 설면과 교합면에 주로 나타난다⁸⁾.

이 중 치아가 음료와 음식에 의해 침식되는 경향이 새롭고 중요한 관심사로 부각되고 있다. 몇몇 서구의 선진국에서 그 문제점이 제기된 이래 산성 음료의 소비가 계속 증가된다면 치아 침식이 임상적으로 더욱 문제시될 것이라는 주장이 제기되었지만 그 이후에도, 다양한 산성 음료가 계속 개발되었고 더욱 쉽게 접할 수 있게 됨으로써 그 소비량이 날로 증가하고 있고, 또한 주요 소비층이 소아 및 청소년이라는데 더 큰 문제가 있다.

Xhonga와 Valdmanis⁹⁾는 미국 두 도시에서의 연구 결과, 약 25% 정도의 치아가 침식양상을 보였다고 하였고, Millward 등¹⁰⁾은 4~16세 어린이를 대상으로 30%에서 침식에 의한 상아질 노출을 보고하였으며, 영국에서의 보고에 의하면 어린이의 약 25%에서 50%까지 치아 침식이 있었다고 하였다¹⁰⁾. 이들 연구는 측정 대상과 방법의 차이 때문에 직접적인 비교는 곤란하나, 치아 침식이 상당히 높은 유행율을 보인다는 사실을 알 수 있으며, 특히 어린이는 산성 음료의 섭취 빈도와 소비량이 많고, 법랑질의 구조도 유약한 미성숙 상태이므로 침식경향이 더 높다고 할 수 있다⁶⁾.

시료와의 접촉 30분, 60분까지는 균간 표면경도에 있어 유의한 차이가 없었으나($p>0.05$), 90분, 120분의 경우에는 유의한 차이를 보였으며($p<0.05$), Fig. 2에 제시된 바와 같이, 시간경과에 따른 표면경도의 변화 양상에 있어서 90분에서는 엔요와 에이스, 에이스와 플러스오, 그리고 플러스오와 이오를 같은 그룹으로 나눌 수 있었다. 그리고 120분에서는 엔요와 에이스, 플러스오와 이오를 같은 그룹으로 나눌 수 있었다.

시간경과에 무관하게 초기값을 제외한 30분부터 120분까지 측정된 전체 표면경도를 분석한 결과, 침식 유발도는 유산균 발효유 간에 유의한 차이가 있었으며($p<0.05$), 이것은 120분에서 측정된 결과와 동일한 것이었다.

엔요는 전체 실험 시간동안 침식 유발도가 가장 낮았고, 에이스는 30분의 경우에는 플러스오보다 크게 나타났으나, 그 이후에는 엔요에 이어 두번째로 낮았다. 플러스오는 30분 노출에서는 엔요와 유사하게 침식 유발도가 낮았으나 그 이후에는 엔요보다 높게 나타났다. 이오는 전체 실험 시간동안 침식 유발도가 가장 높게 나타났다. 이 순서는 각 유산균 발효유의 칼슘, 인, 불소 이온 농도 순서와 대체로 일치하는 경향을 보였다(Fig. 3~5).

본 실험에서는 유산균 발효유의 주 소비층이 유치열의 어린 이들을 고려하여 대상 치아를 유치로 한정하였다. 그리고 유산균 발효유에 담그기 전 치면 미세경도에 변이가 심한 시편은 제외하였으며 담근 후의 측정값을 담그기 전의 인접한 곳에서 얻음으로서 시편 내 변이의 영향을 최소화하여 침식 효과를 비교하고자 하였다.

침식치면의 성상을 관찰하는 데에는 표면미세경도(surface microhardness), profilometry, 주사형 전자현미경(scanning electron microscopy), 현미방사선(microradiography), 디지털영상분석기(digital image analysis), 화학적 분석, 요오드투과도 측정, 원자력현미경(atomic force microscopy) 등의 방법들이 사용되어 왔다¹¹⁾. 본 실험에서 사용한 표면미세경도는 초기 병소의 탈회량을 간접 측정하는 방법으로서 표면의 미세 변화를 측정하는데 효과적이며, Featherstone¹²⁾은 50 μm 이내 깊이에서는 표면미세경도 측정이 충분히 민감하게 반응한다고 하였다.

그리고 연마된 법랑질 표면은 산에 빠르고 과장된 반응을 보이기 때문에 구강내에서와 유사한 환경에서 최외층의 무소주 법랑질(aprismatic enamel)에 대한 산의 침식 유발도를 평가하기 위해서는 연마되지 않은 법랑질 표면이 필요하다¹³⁾. 그러나 일부의 표면경도 측정 방법은 연마되지 않은 만곡된 표면에는 적용하기 곤란하기 때문에 평활한 연마표면이 필요하며, 따라서 본 연구에서 나타난 치아 침식은 실제 구강내 상황보다 좀더 과장되게 나타났을 것으로 추정된다.

산성 음료에 의한 치아 침식은 음료의 산성도에 의해 크게 좌우될 것으로 생각되나, 일반적으로는 산성도와 치아 침식이 직접적으로 비례하지는 않는다고 알려져 있는데, 이것은 음료의 산성도가 구강내에서 적정산도(titratable acidity)로 바뀌기 때문이다⁵⁾.

오히려 음료의 산성도와 함께 완충능도 중요한 변수이며, 이때 완충능은 산성 음료가 pH의 변화에 대해 저항하는 성질로 정의된다⁴⁾. 따라서 산성 음료의 산성도가 높거나 완충능이 높은 경우에는 더 심한 침식을 유발할 수 있다^{4,5,14-17)}. 완충능에 관한 이전의 연구들을 살펴보면 Larsen과 Nyvad⁵⁾은 옥액의 완충능은 NaOH로 적정을 해서 결정할 수 있다고 설명하고, 산의 농도가 높아서 완충능이 높은 음료는 중성이 되기 전에 더 많은 결정을 용해시킬 수 있다고 하였다. Edwards 등⁴⁾은 여러 산성 음료의 완충능을 연구한 결과에서 과일 주스와 과일을 이용한 탄산음료는 완충능이 높아서 구강 내 pH의 하강 시간을 더 연장시킨다고 하였다. 그리고 Touyz와 Silove¹⁴⁾는 과일 주스를 대상으로 한 연구에서 Edwards 등⁴⁾과 같은 결과를 발표하였으며, 안 등¹⁵⁾도 동일한 주장을 하였다. Grobler와 Horst¹⁶⁾는 타액의 완충능에 의한 pH의 변화에 저항하는 음료의 능력 때문에 구강내의 산성도가 더 오래 유지되며, 따라서 침식 과정에 중요한 역할을 하게 된다고 주장하였다. 또한 Cairns 등¹⁷⁾은 네 가지의 음료를 조사한 결과 pH를 높이는데 상당한 저항을 보이는 것은 내적인 완충능이 높기 때문이라 하였다. 그러나 산도가 낮

은 경우에 pH와 완충능이 침식에 가장 중요한 역할을 하는지는 의문시되고 있다⁵⁾.

이 외에도 음료에 의한 법랑질 침식에는 음료 내의 칼슘, 인, 불소의 농도가 중요한 요소이며, 일반적으로 산성 음료들에 있어서 이 이온들의 농도는 낮지만 농도를 높여주면 침식이 억제된다는 사실이 알려져 있다⁵⁾. 그리고 West 등¹⁸⁾은 온도가 높을수록, 산에 노출되는 시간이 길수록 침식이 증가하며 산의 종류 또한 침식의 정도에 영향을 준다고 하였다.

본 실험에서 정도의 차이는 있었으나 실험에 사용된 유산균 발효유 모두 법랑질의 침식을 유발하였다. 그리고 각 유산균 발효유에 의한 법랑질 침식 유발의 차이는 각 시료의 pH나 완충능이 유사한 결과를 보였기 때문에 이들보다 칼슘, 인, 불소의 농도 차이에 기인하는 것으로 사료되었으며 이것은 치아 침식에 관한 이전의 연구결과와 일치하는 소견이었다. 그리고 침식 유발 시간이 증가함에 따라 법랑질 표면경도는 모든 군에서 초기에는 급격히 낮아지다가 이후에는 그 정도가 덜해지는 양상을 보였다.

실제로 구강내에서 치아의 침식에 가장 큰 변수로 작용하는 것은 타액으로 알려져 있다^{19,20)}. 산에 의해 타액의 분비율이 증가하면 산을 희석시키고 씻어 낼 수 있으며, 타액의 완충능이 높아져 산을 중화시키게 된다. 그리고 타액 내에 존재하는 고농도의 칼슘과 인은 산성 환경에서도 법랑질 표면에서 무기물이 분해되는 것을 억제하며 원래의 pH를 회복한 후에는 침식된 법랑질 표면의 재침착과 재광화를 촉진한다. 그리고 타액에 의해 형성된 획득피막의 타액내 단백질, 당단백, 지방질 등이 침식에 대해 보호 작용을 하는 것으로 알려져 있다. 타액 분비율이 낮아질 경우에는 연하 횡수가 감소하고 산에 노출된 치면을 충분히 적시지 못하고 구강내에서 산의 제거가 늦어지며, 타액내 중탄산염의 양도 적어서 pH가 낮아지고 타액의 완충능 또한 감소하게 된다.

본 실험의 결과 나타난 치아의 침식이 인체에서도 동일하게 나타난다고는 할 수 없는데, 그것은 전술한 바와 같이 구강내에서는 항상 타액의 작용으로 치아가 보호되기 때문이다. 그리고 동일한 음료를 섭취하더라도 개인의 타액 및 치면세균막의 산도, 타액의 완충능, 타액 분비율, 음료의 섭취 습관, 입술과 뺨의 움직임, 치아의 형태, 구강위생관리수준 등에 따라 침식의 정도에 차이가 있을 수 있다²¹⁾. James와 Parfitt²²⁾는 과일 시럽에 담긴 인공 젓꼭지를 습관적으로 빨았던 어린이의 전치에 나타난 임상적 영향을 보고한 바 있다. Tahmassebi와 Duggal²³⁾은 침식을 피하기 위해 빨대를 사용하여 마시되 특히 빨대를 구강의 안쪽으로 위치시켜 치아와의 접촉 기회를 줄이는 것이 바람직하다고 주장하였고, 구강내에 산성 음료를 오랫동안 머금거나 연하 전에 치아를 헹구는 등의 행위와 관련된 침식의 보고²⁴⁾도 있었다. 그리고 Millward 등⁹⁾은 자기 전에 과일 주스를 마시는 것은 가장 심한 형태의 침식을 유발할 가능성이 높으며, 이것은 타액의 흐름이 가장 적을 때 과일 주스의 침식 작용이 최대가 되기 때문이라고 하였다. 그러나 빨대를 비정상

적으로 사용하여 생긴 치아 침식의 보고도 있었으며, 섭취방법 보다는 섭취빈도가 더욱 중요하다는 지적도 있었다²⁵⁾.

치아 침식을 예방하는 방법 중 가장 확실한 것은 치아와 산의 접촉기회를 차단하는 것이다. 그러나 산의 출처를 파악할 수 없거나 만성 자발성 구토 등의 경우처럼 원인 요소를 피할 수 없는 경우에는 침식을 예방할 수 있는 다른 방법이 강구될 필요가 있다.

이러한 필요성에 의해 침식을 예방하거나 침식된 치아의 재광화를 촉진할 방법으로 타액과 불소와 칼슘의 역할에 대한 연구가 활발히 이루어져 왔다. Ganss 등²⁶⁾은 실험실에서 집중적으로 불소도포를 하는 경우에 법랑질 침식을 약 20% 감소시킬 수 있으며, 상아질의 다공성과 수분을 함유하는 구조적 특성 때문에 상당량의 불소가 유지되고 시간이 지남에 따라 완충능을 가진 유기층이 형성되어 침식이 크게 억제된다고 하였다. 그리고 NaF와 TiF₄를 치면에 도포하는 것이 법랑질 침식에 상당한 효과가 있으며 탈회를 억제하는 데에는 NaF 보다 TiF₄가 더 효과적이라는 연구도 있었다²⁷⁾.

Mok 등²⁸⁾은 법랑질 표면을 보호하기 위한 방법으로 레진피막과 불소 varnish가 침식을 줄일 수 있는 유용한 방법이라고 하였으며, APF 젤이 NaF 젤보다 치면 보호효과가 더 높다고 하였다. Amaechi 등²⁹⁾은 오렌지 주스에 자일리톨과 불소를 첨가한 실험에서 양자 모두 법랑질 침식을 억제하는데 유용하다고 하였다.

이와 같이 불소가 산성음료에 의한 치아 침식을 예방할 수 있다는 주장이 많았으나, Larsen³⁰⁾은 산성 음료 속에 4~6ppm의 불소가 첨가된 경우 그 효과는 미미하였다고 보고하였으며, 결과적으로 산성 음료는 상당량의 불화칼슘을 용해할 수 있으며 불소를 고농도로 첨가하더라도 치아 침식을 예방하는 데에는 제한적이라고 하였다. 반면, 칼슘과 인이 산성 음료와 음식에 충분한 농도로 존재한다면 침식의 정도를 줄일 수 있다는 연구도 있었다³¹⁾.

치면세균막은 타액보다 완충능이 높은 것으로 알려져 있고, 실제로 비세균성 산으로부터 치면을 보호할 수 있다. 치약을 사용해서 잇솔질을 한다면 치면세균막 뿐 아니라 획득피막까지 소실시킬 수 있고 이로 인해 치아의 침식에 대한 저항성이 낮아지는 결과를 초래한다³²⁾. 또한 타액이 치면의 초기 탈회를 치유할 수 있다고 알려져 있는데, 만일 침식이 일어난 직후에 잇솔질을 한다면 치질의 소실이 비가역적으로 발생한다³³⁾.

따라서, 침식의 위험성이 있는 경우에는 마모도가 낮은 치약을 사용하고 산성 음식을 섭취한 직후에는물로 입을 헹구고 타액에 의한 재광화가 일어날 수 있게 시간이 경과한 후에 잇솔질을 할 필요가 있으며, 불소가 첨가된 재광화용액 등을 사용하는 것이 바람직하다. 그리고 산성 음식의 섭취 빈도를 줄이고 구강내 잔류시간을 줄여야 하며 무설탕 껌을 씹어서 타액분비율을 높이는 것이 침식을 줄이는데 도움이 된다. 그리고 자극에 의해 분비가 촉진된 타액은 pH가 높고 칼슘과 인이 과포화되어 있기 때문에 재광화를 촉진하고 법랑질 표면의 치유를 돕는다¹⁹⁾.

본 실험은 시판중인 유산균 발효유에 의한 법랑질의 침식효과를 평가할 목적으로 시행되었다. 그러나 생체 외에서 행해진 실험들이 구강내 조건들을 그대로 재현할 수 없어 본 실험의 결과가 구강에서 실제로 그대로 일어났다고 하기는 어려운 점이 있다.

그리고 법랑질을 전체적으로 120분 동안 침식시키고 재광화의 기회와 타액의 영향을 배제함으로써 실제 구강 내 환경보다 더 가혹한 조건에서 실험한 것처럼 보일 수 있다. 그러나 많은 어린이들이 산성 음료에 담가둔 인공 젓꼭지를 빠는 등 침식을 유발할 수 있는 환경에 자주 그리고 오랜 시간동안 노출된다는 사실을 고려한다면 본 실험의 조건이 충분히 의미를 가진다고 할 수 있다.

실험에 사용된 유산균 발효유들은 법랑질 침식을 유발할 수 있음이 밝혀졌다. Rytomaa 등³²⁾은 법랑질의 용해가 발생하는 임계 산도가 pH 5.5이며 pH 4보다 낮은 산성 식품은 침식을 일으킬 위험이 높다고 하였고, Gregory-Head와 Curtis³⁴⁾는 구강내 정상 산도인 pH 6.5로부터 한 단위(pH 1.0)씩 낮아질 때마다 치아의 용해도가 7~8배 증가한다고 하였다. 실험에 사용된 유산균 발효유의 산도는 평균 pH 3.77로 이에 의한 치아의 침식은 이미 예상된 결과였다. 그러나 일반인 중 산성음료가 치아 침식을 유발할 수 있다는 사실을 알고 있는 이는 드물며 특히 유산균 발효유의 주 소비자인 어린이와 보호자들은 더욱 그러하다. 그리고 치의학적 관점에서 우식에 대한 연구가 이미 상당한 수준에 이른 것에 비해 치아의 침식에 대한 연구는 상대적으로 뒤떨어져있으며 국내의 경우는 더욱 그러하다.

차후에 원인 요소에 의한 침식의 유발 정도와 음료와 음식에 의한 침식을 줄일 수 있는 방법에 대한 역학과 실험에 근거한 연구가 더욱 필요하리라 사료된다.

V. 결 론

본 연구의 목적은 시중 유산균 발효유의 산성도를 조사하고 수 중 유산균 발효유에 의한 유치의 법랑질 침식 정도를 실험적으로 평가하는 것이었다. 시중에서 판매되고 있는 4종류의 유산균 발효유를 선정하여 pH와 완충능을 측정하고 칼슘, 인, 불소의 함량을 분석하였다. 그리고 탈락기의 건전한 유치를 발거하여 유산균 발효유를 이용하여 30분, 60분, 90분 그리고 120분 동안 인공적으로 침식을 유발시켰을 때 나타나는 양상을 표면미세경도측정법으로 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 본 실험에 사용된 유산균 발효유의 산도는 평균 pH 3.77로서 치아 침식증을 유발하기에 충분한 수준이었다.
2. 유산균 발효유에 의한 침식유발 후의 법랑질 표면경도는 대조군에 비해 모든 시료에서 감소되었다(p<0.05). 침식유발 시간이 경과함에 따라 법랑질 표면경도는 모든 실험군에서 초기에는 급격히 낮아지다가 이후에는 그 정도가 덜해지는 양상을 보였다.
3. 법랑질을 유산균 발효유에 노출시킨 30분에서 120분까지의

법랑질 표면경도 변화양상은 시료마다 유의한 차이를 보였다.

참고문헌

1. Linnett V, Seow WK : Dental erosion in children : A literature review. *Pediatr Dent*, 23:37-43, 2001.
2. Ten Bruggen, Cate HJ : Dental erosion in industry. *Br J Ind Med*, 25:249-266, 1968.
3. Centerwall BS, Armstrong CW, Funkhouser LS, et al. : Erosion of dental enamel among competitive swimmers at a gas-chlorinated swimming pool. *Am J Epidemiol*, 123:641-647, 1986.
4. Asher C, Read MJ : Early enamel erosion in children associated with the excessive consumption of citric acid. *Br Dent J*, 162:384-387, 1987.
5. Meurman JH, ten Cate JM : Pathogenesis and modifying factors of dental erosion. *Eur J Oral Sci*, 104:199-206, 1996.
6. Xhonga FA, Valdmanis S : Geographic comparisons of the incidence of dental erosion : a two centre study. *J Oral Rehabil*, 10:269-277, 1983.
7. Millward A, Shaw L, Smith AJ, et al. : The distribution and severity of tooth wear and the relationship between erosion and dietary constituents in a group of children. *Int J Paediatr Dent*, 4:151-157, 1994.
8. Millward A, Shaw L, Smith A : Dental erosion in four-year-old children from differing socioeconomic backgrounds. *J Dent Child*, 61:263-266, 1994.
9. Curzon ME, Hefferren JJ : Modern methods for assessing the cariogenic and erosive potential of foods. *Br Dent J*, 191:41-46, 2001.
10. Featherstone JD : Consensus conference on intra-oral models : Evaluation techniques. *J Dent Res*, 71:955-956, 1992.
11. Ganess C, Klimek J, Schwartz N : A comparative profilometric in vitro study of the susceptibility of polished and natural human enamel and dentine surface to erosive demineralization. *Arch Oral Biol*, 45:897-902, 2000.
12. Larsen MJ, Nyvad B : Enamel erosion by some soft drinks and orange juices relative to their pH, buffering effect and contents of calcium phosphate. *Caries Res*, 33:81-87, 1999.
13. Edwards M, Creanor SL, Foye RH, et al. : Buffering capacities of soft drinks: the potential influence on dental erosion. *J Oral Rehabil*, 26:923-927, 1999.
14. Touyz LZ, Silove M : Increased acidity in frozen fruit juices and dental implications. *J Dent Child*, 60:223-225, 1993.
15. 안호영, 김광희, 김대업 : 산성 음료에 의한 법랑질의 침식과 인공타액에 의한 재광화. *대한소아치과학회지*, 29:84-91, 2002.
16. Grobler SR, van der Horst G : Biochemical analysis of various cool drinks with regard to enamel erosion, de- and remineralization. *J Dent Assoc S Afr*, 37:681-684, 1982.
17. Cairns AM, Watson M, Creanor SL, et al. : The pH and titratable acidity of a range of diluting drinks and their potential effect on dental erosion. *J Dent* 30:313-317, 2002.
18. West NX, Hughes JA, Addy M : Erosion of dentine and enamel in vitro by dietary acids : the effect of temperature, acid character, concentration and exposure time. *J Oral Rehabil*, 27:875-880, 2000.
19. Meurman JH, Frank RM : Scanning electron microscopic study of the effect of salivary pellicle on enamel erosion. *Caries Res*, 25:1-6, 1991.
20. Zero DT : Etiology of dental erosion-extrinsic factors. *Eur J Oral Sci*, 104:162-177, 1996.
21. Moss SJ : Dental erosion. *Int Dent J*, 48:529-539, 1998.
22. James PM, Parfitt GJ : Local effects of certain medicaments on the teeth. *Br Med J*, 5:1252-1253, 1953.
23. Tahmassebi JF, Duggal MS : The effect of different methods of drinking on the pH of dental plaque in vivo. *Int J Paediatr Dent*, 7:249-254, 1997.
24. Harrison JL, Roeder LB : Dental erosion caused by cola beverages. *Gen Dent*, 39:23-24, 1991.
25. Smith AJ, Shaw L : Dental erosion. *Br Dent J*, 178(6):207, 1995.
26. Ganss C, Klimek J, Schaffer U, et al. : Effectiveness of two fluoridation measures on erosion progression in human enamel and dentine in vitro. *Caries Res*, 35:325-330, 2001.
27. van Rijkom H, Ruben J, Vieira A, et al. : Erosion-inhibiting effect of sodium fluoride and titanium tetrafluoride treatment in vitro. *Eur J Oral Sci*, 111:253-257, 2003.
28. Mok TB, McIntyre J, Hunt D : Dental erosion: in vitro model of wine assessor's erosion. *Aust Dent J*, 46(4):263-268, 2001.
29. Amaechi BT, Higham SM, Edgar WM : The influ-

- ence of xylitol and fluoride on dental erosion in vitro. Arch Oral Biol, 43:157-161, 1998.
30. Larsen MJ : Prevention by means of fluoride of enamel erosion as caused by soft drinks and orange juice. Caries Res, 35:229-234, 2001.
31. Reussner GH, Coccodrilli G Jr, Thiessen R Jr : Effects of phosphates in acid-containing beverages on tooth erosion. J Dent Res, 54:365-370, 1975.
32. Rytomaa I, Meurman JH, Koskinen J, et al. : In vitro erosion of bovine enamel caused by acidic drinks and other foodstuffs. Scand J Dent Res, 96:324-333, 1988.
33. Kuroiwa M, Kodaka T, Kuroiwa M : Microstructural changes of human enamel surfaces by brushing with and without dentifrice containing abrasive. Caries Res, 27:1-8, 1993.
34. Gregory-Head B, Curtis DA : Erosion caused by gastroesophageal reflux: diagnostic considerations. J Prosthodont, 6:278-285, 1997.

Abstract

A STUDY ON THE ENAMEL EROSION BY FERMENTED MILKS

Jeung-Ho Sim, Tae-Sung Jeong, Shin Kim

Department of Pediatric Dentistry, College of Dentistry, Pusan National University

The pH of beverages is known to be low and have, therefore, been implicated in the increasing incidence of erosion. Erosion is believed to be the predominant cause of teeth wear in children and young adults, although there will always be a contribution from attrition and abrasion.

The aim of the present study was to evaluate the effect of yogurt on the progression of erosive demineralization in human enamel using demineralization model in vitro.

In 4 yogurts, available on the market, pH, buffering capacity and the concentrations of calcium, phosphate and fluoride were determined. The buffering effect was determined by titration with NaOH. 50 milliliters of each drink was then titrated with 1M sodium hydroxide, added in 0.5 milliliters increments, until the pH reached about 7.

Human deciduous enamel(n=40) samples were divided into four groups and exposed to 80ml of the yogurt for 30, 60, 90 and 120min. Enamel surface microhardness(VHN) was examined before and after each exposure.

1. The average PH of fermented milk was 3.77 and this pH value was acidic enough to cause tooth erosion.
2. All of the fermented milks were found to be erosive(p<0.05).
3. The teeth exposed to the fermented milk all showed erosion like lesions and microhardness measurements showed that enamel surface hardness decreased proportionately with increased time of immersion in all tooth specimen groups.
4. After immersion for 30 and 60 minutes, reduction rate of microhardness values was not significantly different between the groups(p>0.05). However, after 90 and 120 minutes, reduction rate of each group was significantly different(p<0.05).

Key words : Dental erosion, Fermented milk, pH, Buffer effect, Inorganic ion