

# 어린이 음료수에 의한 유치 법랑질 침식에 대한 연구

신윤혜 · 김영재\*

서울대학교 치과대학 소아치과학교실, \*치학연구소

## 국문초록

본 연구의 목적은 시중 어린이 음료의 산성도를 조사하고, 수 중 어린이 음료에 의한 유치 법랑질 침식정도를 실험적으로 평가하는 것이었다. 서울 시내 및 경기도 지역에서 판매순위가 비교적 높은 수 중의 어린이 음료를 표집하여 pH를 측정하고, 그 중에서도 pH 3.5 이하의 어린이 음료 7개를 선별하였다. 탈락기의 건전한 법랑질 표면을 가진 유치를, 어린이 음료에 1 분, 5 분, 10 분, 15 분, 30 분 동안 노출시켜 인공적으로 법랑질 침식을 유도하였을 때 나타나는 양상을 표면미세경도측정법으로 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 본 연구에서 조사한 시중 어린이 음료의 대부분은 치아 침식을 유발할 수 있는 산성도인 pH 5.5 이하의 산성도를 갖고 있었다.
2. 어린이 음료에 대한 노출 후의 법랑질 표면미세경도는 대조군에 비해 모든 시료에서 낮아졌다( $p < 0.05$ ). 노출 후 1 분이 경과되었을 때부터 표면미세경도의 유의한 감소 양상을 보였으며, 30 분이 경과되었을 때까지 표면미세경도의 감소가 계속 관찰되었다( $p < 0.05$ ).
3. 음료의 산성도가 높을수록, 시편을 30 분간 노출시켰을 때의 표면미세경도가 유의하게 감소했다( $p < 0.05$ ). 그러나 음료의 산성도와 표면미세경도의 감소정도 사이에 유의한 비례관계는 찾을 수 없었다( $p > 0.05$ ).

**주요어 :** 법랑질침식증, 유치, 어린이 음료수, 산성도, 표면미세경도

## 1. 서 론

치아 경조직은 치아우식이나 치아마모에 의하여 비가역적으로 소실될 수 있다. 치아 마모(tooth wear)는 비우식성 치질 파괴를 의미하는 개념으로 그 원인에 따라 협의의 마모(abrasion), 교모(attrition), 침식(erosion), 흡수(resorption), abfraction 등의 유형으로 분류된다. 현재 소아의 80%와 성인의 43%가 비우식성 치질의 손상을 경험하고 있다고 보고되고 있는 만큼 치아 마모는 소아나 성인에게서 모두 치질 손상의 중요한 원인이 된다<sup>1)</sup>.

이 중 치아침식증은 구강 내에서 미생물의 개재없이 오직 산과의 직접적인 접촉에 의해서만 일어나는 치질 손상을 의미한다<sup>2)</sup>. 치아침식증은 원인에 따라 내인성·외인성·병원성으로, 임상적인 중증도에 따라 class I ~ III로, 병원활성도에 따라 특

발성과 잠재성으로 분류된다<sup>3)</sup>.

치아우식증과 치아침식증은 결과는 비슷하지만 각기 다른 원인에 의하여 발생하며, 같은 장소에서 발생하는 경우가 드물다. 침식은 미생물의 개재 없이 치아와 산의 직접적인 접촉에 의하여 법랑질이 탈회되는 현상을 의미한다. 한편, 우식은 치태 내의 미생물의 활동에 의해 생성된 산에 의한 치질의 소실을 말한다. 임상적으로 침식은 법랑질 표면에서 일어나는 반면, 우식은 법랑질 직하방의 탈회로 시작되어 치아표면에 오목한 면을 만든다<sup>4)</sup>.

어린이의 치아침식증의 유병률은 2~57%까지 광범위한 범위를 갖고 있다고 보고되고 있다<sup>5)</sup>. 치아침식의 정도도 치아 표면의 작은 소실에서부터, 크개는 치수노출이나 치은농양의 형성에 이르기까지 다양할 수 있다. 임상적인증상 또한 단순한 감수성의 증가에서 치수노출에 의한 극심한 동통에 이르기까지

교신저자: 김영재

서울시 종로구 연건동 275-1 / 서울대학교 치과대학 소아치과학교실 및 치학연구소 / 02-2072-3395 / neokarna@snu.ac.kr

원고접수일: 2008년 07월 03일 / 원고최종수정일: 2009년 01월 13일 / 원고채택일: 2009년 02월 28일

광범위 하다.

치아침식증을 유발하는 원인은 접촉하는 산의 공급처에 따라 크게 내인성과 외인성 요인으로 구분할 수 있다. 내인성 요인인 구강 내로 역류한 위산이나, 구토, 위식도 역류 질환(gastroesophageal reflux)에 의하여 치아와 구강 내 구조물이 산에 노출되는 것을 의미한다. 위산이 장시간 치아 경조직에 노출되기 전까지는 치아침식증의 임상적인 징후가 잘 나타나지 않기 때문에, 이러한 내인성 요인들은 만성 구토 환자나, 장기간 지속된 지속성 위식도 역류 질환(persistent gastroesophageal reflux) 환자와 같은 전신질환자들과 주로 연관되어 나타난다. 상부 식도 질환이나, 특정 호르몬·대사 이상, 약물 부작용, 신경성 식욕 부진증(anorexia nervosa)이나 신경성 식욕 항진증(bulimia nervosa), 또는 스트레스로 인한 심리적 구토 질환(stress-induced psychosomatic vomiting) 등이 그 대표적인 예이다<sup>6)</sup>.

외인성 원인은 크게 환경, 섭취하는 식품, 생활 습관, 복용약에 의한 것들로 분류할 수 있다. 작업환경에서 발생하는 산성가스나 먼지와와 접촉이나, 낮은 pH의 수영장 물이 치아침식을 유발하였다는 증거가 보고된 바 있다<sup>7)</sup>. 높은 산성도의 약품이나, 구강위생 관리용품 또한 치아침식을 유발할 수 있다<sup>7)</sup>.

치아침식증의 많은 원인 중에서도 산성 음식과 음료의 섭취는 가장 광범위한 개체군에 작용하는 요인이다. 탄산음료나 과실음료 등의 산성음료의 섭취량이 꾸준히 증가하는 추세를 보임에 따라<sup>8)</sup>, 최근에는 치아가 산성음료에 의해 침식되는 경향이 새롭고 중요한 관심사로 부각되고 있다. 인간의 하루 수분 섭취량은 2~3 l이며, 이 중 반 이상을 음료를 통해 섭취한다고 알려져 있다. 많은 국가에서 우유의 섭취량은 줄어드는 반면, 산성도가 높은 과실음료나 탄산음료의 섭취량은 꾸준히 증가하는 경향을 보이고 있다고 보고되었다<sup>9)</sup>. 국내에서도 산성음료의 섭취가 오늘날까지도 꾸준히 증가하는 추세를 보이는 것은 마찬가지이다. 한국식품정보원의 조사 결과에 따르면 1999년부터 2003년까지 국내 음료시장 규모는 꾸준히 성장하고 있으며<sup>8)</sup>, 2006년 한국식품공업협회에서 발표한 생산량 기준 국민 다소비 식품순위에서는 탄산음료와 과일·채소류 음료는 각각 3, 4위에 올라 있어 우리의 식생활에서 음료가 차지하는 비중이 점차 커지고 있다는 것을 보여주고 있다<sup>10)</sup>. 이에 따라 지금까지 국내·외에서 산성음료의 섭취와 치아침식의 상관관계를 규명하는 많은 연구결과들이 발표되어 왔다. 1999년 Edwards 등<sup>11)</sup>은 시중에서 판매되는 과실음료, 과실 및 비과실 탄산음료와 기타음료를 대상으로 한 pH 완충능을 측정된 실험 결과를 통해 과실 및 탄산음료의 경우 가장 pH 완충능이 낮아 오랜 시간 동안 구강 내 pH를 떨어뜨리고, 치아침식을 유발한다는 사실을 증명하였다. Mathew 등<sup>12)</sup>은 2002년 미국의 대학생 운동선수들을 대상으로 한 실험에서 91.8%의 운동선수들이 스포츠 음료를 섭취하고 있으며 이들의 치아침식증 유병률이 36.5%에 이른다고 하였다. Rees 등<sup>13)</sup>의 연구는 pH 3.16~3.70의 스포츠 음료를 한 시간 동안 치아에 노출 시킨 결과 1.18~5.36 μm

의 법랑질 소실을 보였으며, pH 3.68의 오렌지주스의 경우 3.24 μm의 법랑질 소실을 보였다고 발표하였다. 국내 연구에서도 안 등<sup>14)</sup>은 구강 외 환경에서 시판되고 있는 산성음료에 치아를 노출시켰을 때, 치아침식증이 빠르게 일어나는 반면 불소와 타액에 의한 재광화는 상대적으로 느리게 일어난다고 하였다. 이 등<sup>15)</sup>은 오렌지주스에 10 분간 유치를 담근 후 치아의 미세경도 감소가 있었음을 보고하였다. 심 등<sup>16)</sup>은 수중 유산균 발효유에 유치를 시간대 별로 노출시키는 실험에서 법랑질 침식 효과가 있었음을 보였으며, 법랑질 표면경도 감소가 초기에는 급격히 낮아지다가 시간이 지날수록 완만하게 감소하는 경향을 보였다고 하였다. 특히 성장기 아동 및 청소년은 예로부터 음료 시장의 주요 소비층을 이루어 왔으며, 이들을 대상으로 한 음료의 소비나 공급 또한 양적으로나 질적으로 늘어나고 있기에 어린이 및 청소년의 산성음료 섭취가 치아건강에 미치는 부정적인 영향은 더욱 큰 문제점으로 인식되고 있다. 한국식품정보원은 1999년부터 2003년에 이르기까지 어린이음료 시장 규모가 급속도로 증가했다는 조사 결과를 발표하였다<sup>8)</sup>. 한국소비자보호원은 어린이 및 청소년을 대상으로 국내에서 판매되고 있는 음료의 90% 이상이 pH 5.5 미만의 산성음료라고 보고하였다<sup>17)</sup>. 유치나 미성숙 영구치의 경우 법랑질의 구조가 유약한 미성숙 상태여서 산성음료에 의한 침식 경향이 성인에 비하여 더 높기 때문에<sup>18)</sup>, 어린이 및 청소년의 산성음료의 섭취 빈도와 소비량의 증가는 치아 건강에 더 큰 위협이 될 수 있다. 이러한 이유로 산성음료가 어린이나 청소년의 치아침식에 미치는 영향에 대한 연구가 의미 있을 것이라 사료된 바, 본 연구에서는 실험 치아를 유치로 한정하였으며, 성장기 아동을 특정 소비층으로 겨냥하여 판매되고 있는 어린이 음료를 연구의 대상으로 정하였다.

본 연구의 목적은 어린이들을 대상으로 시판되고 있는 어린이 음료 중 몇 가지 종류를 선택, 그 산성도를 분석하고 이들이 치아 법랑질의 침식에 미치는 영향을 미세경도측정의 방법으로 측정 및 평가하는 것이었다. 국내 어린이 음료의 시장 규모와 소비가 증가하는 상황에서<sup>8)</sup>, 음료의 주 소비층인 어린이의 유치를 대상으로 실험을 시행하였다는 점으로 미루어 본 연구가 충분한 의의를 갖고 있을 것이라 사료되었기에 이를 보고하는 바이다.

## II. 연구 재료 및 방법

### 1. 연구재료

생리적 탈락 시기에 발거된 유치 중 균열, 파절, 마모 등의 결함이나, 색소, 부착물이 없는 건전한 법랑질 표면을 가진 것을 선별하여 생리식염수에 넣어 4℃에서 냉장 보관하였다. 실험에 사용된 어린이 음료는 2005년 한국소비자안전국에서 실시한 어린이 음료 및 발효유의 안전실태조사에서 사용한 어린이 음료를 정의하는 기준에 준하는 제품으로<sup>19)</sup>, 서울시와 경기도 지역에서 판매 순위가 비교적 높은 것들이었다. 표집된 음료의 산

성도를 측정 후, 그 중에서 pH 3.5 이하의 산성도를 갖는 7개의 제품을 선별하였다. 마법천자문 매실홍삼(롯데칠성, pH 3.12), 개구리중사 케로로포도(말레푸드, pH 3.19), 귀훈팡팡 복숭아맛(웅진식품, pH 3.20), 쿠우포도(한국코카콜라보틀링, pH 3.21), MBP빠장군 딸기(롯데칠성, pH 3.50), 헬로펜들이 블루(해태음료, pH 2.89), 메이플스토리 체리베리(해태음료, pH 3.07)가 이에 해당한다(Table 1). 음료는 실험에 투입될 때까지 4°C에서 냉장 보관 하였다.

2. 연구방법

1) 어린이 음료의 산성도 측정

실험에 사용될 시료를 선별하고, 법랑질 시편이 노출될 환경의 산도를 기록하기 위하여 상온의 어린이 음료 50 ml의 pH를 pH meter(Model 420A, Orion, USA)로 측정하고, 3회 측정 한 평균값을 측정치로 사용하였다.

2) 법랑질 시편제작

2004년 이 등<sup>15)</sup>이 발표한 연구와, 심 등<sup>16)</sup>이 발표한 연구에 준하여 실험에 사용할 유전치의 법랑질 시편을 제작하였다. 발거된 유치를 24 시간 동안 5% NaOCl 용액에 담근 후 표면 연조직을 제거하고 증류수에서 행군다. 시편을 제작하기 위하여 가운데에 두께 2.5 mm, 직경 8 mm의 원통형 홈이 있는 한 번의 길이가 2.5 mm이며 높이 2.5 mm, 그리고 높이가 1.5 mm 인 두 가지 종류의 직육면체형 에폭시 레진 주형을 제작하였다. 높이 2.5 mm의 주형에 치아의 치관부가 노출되도록 치아를 포매한 뒤, 법랑백악 경계부에서 수평절단하여 치근 부위를 제거하였다. 이 후 높이 1.5 mm의 주형에 유치의 치관부를 주형의 장축에 대해 법랑질 표면이 수직이 되도록 위치시키되, 4 mm<sup>2</sup> 이상의 법랑질 표면이 노출되도록 포매하여, 48개의 시편을 제작하였다. 2004년 송<sup>20)</sup>이 발표한 연구에 준하여, 법랑질 노출 표면은 300 rpm의 속도로 물 냉각 하에 silicon carbide paper(Struers Dap-V, Denmark) P #220, 320, 500, 800, 1200, 4000으로 각각 10 초간 연마를 시행하여 경도 측정이 가능하도록 평탄하게 만들었다. 실험에 투입되기 전까지 시편은 생리식염수에 넣어 냉장 보관하였다.

3) 칩식 유발 처리 전 미세경도 측정

Vicker's diamond indenter가 부착된 미세경도측정기(HMV-2000, SHIMADZU)에서 연마한 법랑질 표면에 수직으로 10 초간 50 gf의 하중을 가한 후, 한 시편 당 네 부위에서 표면미세경도(Vicker's Hardness Number, VHN)를 측정하였다. 측정은 시편을 상·하·좌·우 4사분면으로 나누었을 때, 가능한 한 각 사분면의 중심부에서 이루어지도록 하였다. 시편 당 4회의 측정을 시행하여 얻은 평균치를 각 시편의 미세경도로 사용하였다.

4) 칩식 유발 처리 및 처리 후 미세경도 측정

치아 시편을 대조군 및 음료 품목에 따라 8개 군으로 분리하고, 20°C, 50 ml의 각 어린이 음료에 1 분, 3 분, 5 분, 10 분, 15 분, 30 분간 노출시켜 법랑질 칩식을 유발 시킨다. 음료는 치아 시편을 담그기 직전에 개봉한다. 음료의 일부 성분이 침전되는 것을 막기 위해, 노출되는 동안 시료를 non-heating magnetic stirrer로 서서히 저어준다. 음료에서 꺼낸 시편을 증류수로 30 초 동안 세척한 후, 따뜻한 공기로 건조시킨다. 처리 전 미세경도측정 방식과 동일하게 시편 당 4회씩 측정을 시행한다.

5) 통계 처리

윈도우용 SAS 9.1 프로그램을 사용하였다. 시간에 대한 표면미세경도(VHN)의 감소 및 음료의 pH와 표면미세경도(VHN) 감소율(reduction rate)의 상관관계에 대한 유의성을 분석하기 위해 일원분산분석(repeated measured ANOVA using PROC ANOVA)과 최소유의차검정법(LSD)을 사용하였다.

Ⅲ. 결 과

1. 어린이 음료의 pH 분석

본 연구에서 표집한 모든 음료가 pH 4.0 미만의 산성도를 나타내었다. 대부분의 표집된 음료수의 산성도는 pH 5.5에 미치지 못하는 수치였다. 음료에 첨가된 것으로 제품에 표기된 산은 구연산, 인산, 사과산 등이 있었으며, 이 중 구연산이 가장 많았다.

Table 1. The pH value of children beverages

Product name	Manufacturer	pH value	Acid additives
마법천자문 매실홍삼	롯데칠성	3.12	구연산
개구리중사 케로로포도	말레푸드	3.19	구연산
귀훈팡팡 복숭아맛	웅진식품	3.2	구연산
쿠우포도	한국코카콜라보틀링	3.21	구연산
MBP 빠장군 딸기	롯데칠성	3.5	구연산
헬로펜들이 블루	해태음료	2.89	구연산
헬로펜들이 솜사탕맛	해태음료	2.9	구연산
메이플스토리 체리베리	해태음료	3.07	구연산
허야오렌지	롯데칠성	3.51	구연산 레몬산
튼튼한쟁구는 못말려	조아제약	3.6	사과산

2. 법랑질 시편에 대한 침식 유발도 측정(Fig. 1, Table 2)

모든 시료에서 침식시간이 증가함에 따라 표면미세경도는 대체로 유의하게 감소하였다(p<0.05)(Table 2). 통계분석에 사용된 VHN 값은 한 시료에 사용된 모든 시편에서 측정된 값의 평균값을 사용하였다.

3. 음료의 산성도에 따른 침식 정도 분석(Fig. 2, Table 3)

음료의 pH가 감소할수록 시편을 총 30 분 노출시켰을 때의 표면미세경도감소율은 귀훈팡팡 복숭아맛, 쿠우포도, MBP빠장군 딸기를 제외하고는 대체로 증가하는 성향을 나타내었다(p<0.05). 그러나 음료의 산성도와 표면미세경도감소율 사이의 유의한 비례관계는 성립하지 않았다(p>0.05).

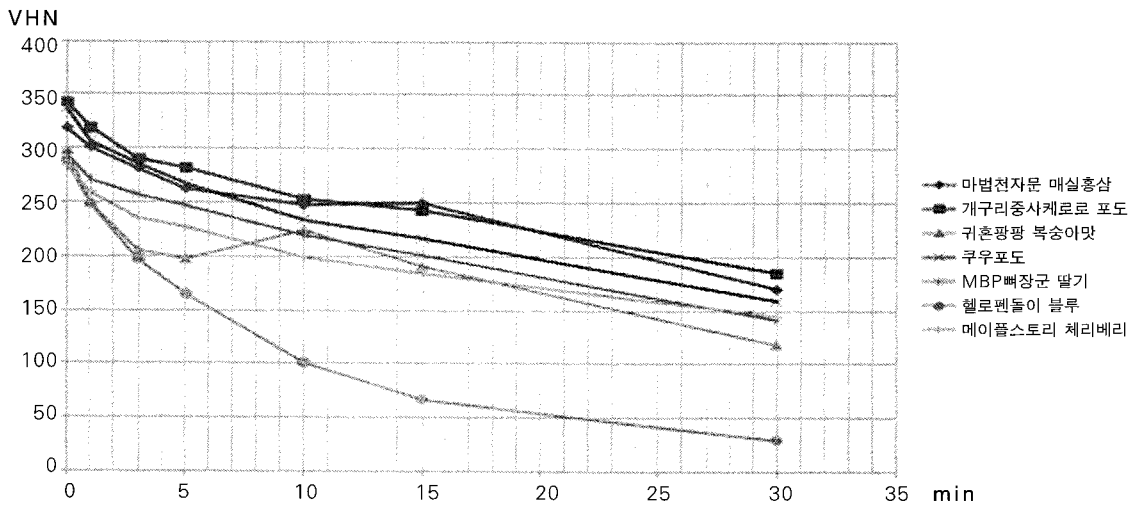


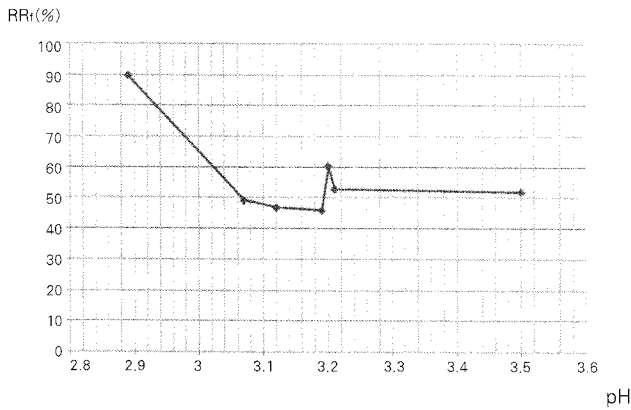
Fig. 1. Changes in enamel surface hardness(VHN) over exposure time to the beverages

Table 2. Demineralization of primary tooth enamel by acidic children beverages

Time(min)		0	1	3	5	10	15	30
마법천자문	VHN	319.5	301.50	282.00	263.00	248.00	250.00	170.00
	RR		5.63	11.74	17.68	22.38	21.75	46.79
개구리중사	VHN	343.00	319.25	290.50	282.50	253.50	243.00	185.25
	RR		6.92	15.31	17.64	26.09	29.15	45.99
케로로포도	VHN	298.75	249.50	206.00	197.50	224.50	191.00	118.25
	RR		16.49	31.05	33.89	24.85	36.07	60.42
쿠우포도	VHN	338.00	307.00	286.50	267.50	234.50	217.00	159.25
	RR		9.17	15.24	20.86	30.62	35.80	52.88
MBP빠장군	VHN	294.85	271.80	257.65	247.45	220.10	201.70	141.45
	RR		7.82	12.62	16.08	25.35	31.59	52.03
헬로펜돌이	VHN	288.75	248.30	196.95	164.70	101.01	66.88	29.43
	RR		14.01	31.79	42.96	65.02	76.84	89.81
메이플스토리	VHN	284.95	259.90	236.40	227.30	199.10	184.20	144.85
	RR		8.79	17.04	20.23	30.13	35.36	49.17

VHN : The value represented as microhardness is the average of all specimens.

RR(reduction rate) : The percentage of the ratio of the VHN at each time to the VHN measured before exposing specimens to the beverages.



**Fig. 2.** The difference in the reduction rate of surface microhardness depending on pH value of the beverage

RRr(final reduction rate) : The reduction rate of surface microhardness value(VHN) of enamel specimens exposed to the acidic beverages for 30 minutes.

**Table 3.** The difference in the reduction rate of surface microhardness depending on pH value of the beverage

Product name	pH value	RRr(%)
헬로펜들이 블루	2.89	89.81
메이플스토리 체리베리	3.07	49.17
마법천자문 매실홍삼	3.12	46.79
개구리중사케 로로 포도	3.19	45.99
귀훈팡팡 복숭아맛	3.2	60.42
쿠우포도	3.21	52.88
MBP 빼장군 딸기	3.5	52.03

RRr(final reduction rate) : The reduction rate of surface microhardness value (VHN) of enamel specimens exposed to the acidic beverages for 30 minutes.

#### IV. 총괄 및 고찰

오늘날 음료가 식생활에서 많은 비중을 차지하고 있고, 그들 중 대부분이 pH 5.5 미만의 산성음료라는 점에서 음료의 섭취에 의하여 치아가 침식되는 경향은 중요한 문제로 주목받아 왔다. Rytomaa 등<sup>21)</sup>은 법랑질의 용해가 발생하는 임계 pH가 pH 5.5라고 하였다. Gregory-Head와 Curtis<sup>22)</sup>는 구강 내 pH가 pH 6.5에서부터 pH 1씩 감소할 때마다 치아의 용해도가 7~8배씩 증가한다고 하였다. 이밖에도 그동안 많은 연구들을 통하여 산성음료의 소비가 증가될수록 치아침식이 임상적으로 더욱 문제가 될 것이라는 주장이 제기되었지만, 탄산음료가 개발된 이래로 음료 시장은 지금까지 꾸준히 성장해 왔으며<sup>9)</sup>, 우리나라의 경우엔 과일음료와 탄산음료가 각각 식품 소비 순위의 3위와 4위를 기록할 정도이다<sup>10)</sup>. 특히 이러한 음료의 주요 소비층이 성장기 어린이 및 청소년이라는 사실은 산성음료의 섭취가 치아 건강에 미치는 문제를 더욱 심각하게 만든다. 유치나 미성숙 영구치의 경우 유약한 법랑질을 갖고 있어 외인성 산에 의한 침식 경향이 성숙 영구치에 비하여 크다는 사실은 앞에

서도 이미 거론된 바 있다<sup>18)</sup>. 일반적으로 음료는 마시는 식품으로 입안에 머무는 시간이 짧아서 음료의 pH가 낮더라도 타액의 완충작용에 의해 금방 중화되기 때문에 1회의 음료 섭취로는 큰 영향을 주지 않으나, 성인과 달리 어린이는 음료를 자주 섭취하거나 빨대나 젓병을 이용하는 등의 오랫동안 입안에 머무는 방식으로 섭취하는 경우가 많은 것으로 알려져 있어 더욱 문제가 된다<sup>23)</sup>. 게다가 많은 어린이 음료는 마개를 당겨서 소량씩 빨아먹는 용기를 사용하므로 일반적으로 마시는 음료보다 내용물이 치아에 접촉하는 시간이 길어질 수 있다. 이러한 이유들로 인하여 어린이의 경우 성인에 비하여 음료에 포함된 산과 치아의 접촉시간이 길어지고, 이에 따라 치아가 침식될 가능성 또한 높아지게 된다. 그럼에도 불구하고 어린이를 겨냥하여 판매되는 어린이 음료의 시장 규모는 꾸준한 성장을 보이고 있다<sup>8)</sup>.

따라서 본 연구에서는 어린이가 치아침식에 유약한 치아 구조와, 생활 습관을 가지고 있다는 점을 고려하여 실험 치아를 유치로 한정하였으며, 대상 음료를 어린이 음료로 선택하였다. 음료에 담그기 전 치면 미세경도에 변이가 심한 시편은 제외하였으며, 담근 후의 측정값을 담그기 전의 인접한 곳에서 얻음으로서 시편 내 변이의 영향을 최소화하고자 하였다.

식품관련규정상 어린이 음료에 대한 별도의 정의가 없는 바, 본 연구에 사용된 어린이 음료는 2005년 한국소비자안전국에서 실시한 어린이 음료 및 발효유의 안전실태조사에서 사용한 기준에 따라 선정하였다<sup>19)</sup>. 소비자안전국에서 제시한 기준에 따르면 어린이 음료는 음료 중 어린이들이 좋아하는 캐릭터를 활용하고 있으며, 어린이의 성장촉진과 영양균형을 표방하는 제품으로 식품유형은 과일음료, 착향산탄산음료, 혼합음료, 추출음료 등으로 구분된다. 과일음료는 농축과실즙(또는 과실분), 과실주스 등을 원료로 하여 가공한 것으로 과실즙이 10%이상 함유되어 있는 음료로 정의된다. 착향산탄산음료는 탄산음료에 식품첨가물(착향료)을 주입한 것이다. 혼합음료는 먹는 물에 식품 또는 식품첨가물을 가한 것이며, 추출음료는 식품성 원료를 먹는 물로 가공(가열추출 등)하여 액상으로 만들거나 이에 식품 또는 식품첨가물을 가한 것이다.

본 연구에서는 서울시내 및 경기도의 주요 백화점 및 대형할인점에서 판매되는 제품을 중심으로 비교적 판매 순위가 높은 어린이 음료 제품 수종을 표집한 후 각 음료의 pH를 측정해 그 중 pH 3.5 이하인 제품 7종을 대상으로 선별하였다.

음료의 특성상 1회 섭취 시에 구강 내 잔류시간이 1분 미만이기 때문에, 음료에 의한 법랑질 침식정도를 측정하기 위한 최소 노출적정 시간을 1분으로 정하였다. 이전의 다른 연구들에서 발표한 실험 결과에서 구강 외에서 산성 음료에 치아를 노출시켰을 때, 법랑질 침식이 60분 이내에 급격하게 나타난다는 사실은 근거로<sup>6)</sup>, 30분의 노출시간이 음료에 대한 노출시간과 법랑질 침식 정도의 유의한 상관관계를 얻기에 충분하다고 판단하였다.

법랑질의 침식정도는 표면미세경도(surface microhardness)를 측정함으로써 반영하였다. 본 실험에서 사용한 표면미세경도는 초기 병소의 탈회량을 간접 측정하는 방법으로서 표면의

미세변화를 측정하는데 효과적이며, Featherstone<sup>24)</sup>은 50  $\mu\text{m}$  이내 깊이에서는 표면미세경도 측정이 충분히 민감하게 반응한다고 하였다. 연마된 법랑질 표면은 산에 빠르고 과장된 반응을 보이기 때문에 구강 내에서의 유사한 환경에서 최외층의 무소주 법랑질(aprismatic enamel)에 대한 산의 침식 유발도를 평가하기 위해서는 연마되지 않은 법랑질 표면이 필요하다<sup>16)</sup>. 그러나 본 연구에서 사용한 표면경도 측정 방법은 연마되지 않은 만곡된 표면에는 적용하기 곤란하기 때문에 평활한 연마표면이 필요하며, 따라서 본 실험 결과 나타난 치아 침식은 실제 구강 내의 상황보다 좀 더 과장되게 나타났을 것으로 추정된다.

산성 음료에 의한 치아 침식은 음료의 산성도에 의해 크게 좌우될 것으로 생각되나, 일반적으로는 산성도와 치아 침식 정도 사이에 직접적인 비례관계가 성립하지는 않는다고 알려져 있다. 본 실험의 결과에서도 음료의 산성도가 치아침식정도에 유의한 영향을 주는 것( $p < 0.05$ )은 분명하나, 음료의 산성도와 미세경도감소정도 사이에 직접적인 비례관계가 성립하지 않음을 ( $p > 0.05$ ) 밝힌 바 있다. Larsen과 Nyvad<sup>25)</sup>은 이의 원인을 음료의 산성도가 구강내에서 적정산도(titratable acidity)로 바뀌기 때문이라고 설명하였다. 완충능은 산성 음료가 pH의 변화에 대해 저항하는 성질로 정의된다<sup>11)</sup>. 따라서 산성도와 함께 완충능이 높은 음료일수록 구강 내에서 치아침식을 유발하지 않는 적정산도로 바뀌는 것에 대한 저항력이 높으며, 더 심한 침식을 유발할 수 있는 것이다<sup>11,25)</sup>. 음료의 완충능에 대한 여러 연구가 이루어져 왔는데, Larsen과 Nyvad<sup>25)</sup>는 용액의 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 등<sup>11)</sup>은 여러 산성 음료의 완충능을 연구한 결과에서 과일 주스와 과일을 이용한 탄산음료는 완충능이 높아서 구강 내 pH의 하강 시간을 더 연장시킨다고 하였다. Carins 등<sup>26)</sup>은 pH를 높이는데 상당한 저항을 보이는 것은 내적인 완충능이 높기 때문이라 하였다. 그러나 산도가 낮은 경우에 pH와 완충능이 침식에 가장 중요한 역할을 하는지는 의문시되고 있다<sup>25)</sup>.

법랑질 침식에 관여하는 다른 중요한 요소로써 음료 내의 불소와 인, 칼슘의 농도를 생각할 수 있다. 일반적으로 산성 음료들에 있어서 이 이온들의 농도는 낮지만 농도를 높여주면 침식이 억제된다는 사실이 알려져 있다<sup>25)</sup>. Lussi 등<sup>27)</sup>은 식품의 침식력이 pH 뿐만 아니라 인과 불소의 함량 등과 유의한 상관성이 있었다고 하였고, Zero<sup>28)</sup>는 치면과 상호작용하는 부분의 수소이온농도가 법랑질 용해와 관련하여 중요하며, 칼슘, 인, 불소 농도와 같은 식품 내의 다른 성분은 완화 효과가 있다고 하였다.

이 외에도 구강 내의 온도, 산에 노출되는 시간, 산의 종류 등의 요소들도 법랑질 침식의 정도에 영향을 준다고 알려져 있다<sup>28,29)</sup>. West 등<sup>29)</sup>은 온도가 높을수록, 그리고 산에 노출되는 시간이 길어질수록 침식이 증가한다고 하였다. Zero<sup>28)</sup>는 산의 종류와 물리적 및 화학적 성질과 같은 요인들은 타액으로 말미암아 산

이 구강에서 씻겨나가는 속도에 영향을 끼친다고 하였다.

본 실험에서도 pH 5.5 미만의 산성도를 나타내는 어린이 음료 모두 법랑질의 침식을 유발하였고, 대체로 산성도가 높은 음료일수록 동일한 시간 동안 더 많은 법랑질 침식을 유발하였다. 그러나 산성도와 침식정도 사이에 비례관계를 입증하기에는 시료에 따라서 침식정도의 차이가 일정하지 않았는데, 이것은 각 시료의 pH 완충능이나, 불소·인·칼슘의 농도 차이에서 기인하는 것으로 사료되었다. 이는 치아 침식 정도에 영향을 미치는 요소들에 관하여 논란 이전의 연구 결과들과도 일치하는 소견이었다<sup>11,25,27-29)</sup>.

구강 내에서 치아의 침식에 가장 큰 변수로 작용하는 것은 타액으로 알려져 있다<sup>29,30)</sup>. Amaechi와 Higham<sup>31)</sup>은 치아침식증에 대한 감수성이 개인, 치아, 치면에 따라 다른 이유가 타액의 성분과 흐름이 개인 및 구강 내의 부위에 따라 다르기 때문이라고 하였으며, 타액은 법랑질의 초기 침식을 재광화할 수 있고 재광화의 정도는 구강 내의 부위에 따라 다르다고 하였다. 타액은 구강내로 들어온 산을 희석시키며, 연하에 의해 구강 내에서 제거시키고, 완충작용에 의해 pH의 하강을 억제하며, 획득피막을 형성하고, 재석회화에 필요한 칼슘, 인 등을 공급한다. 타액 분비율의 저하는 연하의 필요성을 감소시키고, 따라서 구강 내에서 산의 제거가 늦게 되며, 또한 타액 내 중탄산염의 농도도 적어서 낮은 pH와 낮은 완충능을 갖게 된다<sup>32)</sup>.

치아침식증을 예방하기 위해서는 침식증을 일으키는 산성 음료의 섭취를 금지하는 것이 원칙일 것이나, 현실적으로는 산성 음료를 섭취하였을 때 치아침식증을 최소화하고 침식된 치아의 재광화를 촉진하는 방법을 연구하고 교육하는 것이 필요하다. 산성음료를 마시는 방법과 관련하여 Edwards 등<sup>11)</sup> 및 Tahmassebi와 Duggal<sup>33)</sup>은 빨대를 사용하여 마시되 특히 빨대를 구강 뒤쪽으로 위치시켜 마시는 것이 침식을 줄일 수 있는 방법이라고 권고하였다. Millward 등<sup>34)</sup>은 자기 전에 과일 주스를 마시는 것이 가장 심한 침식을 유발한다고 하였으며, 그것은 타액의 흐름이 가장 적을 때 과일 주스의 침식작용이 최대가 되기 때문이라고 설명하였다. 칫솔질은 식품 섭취 빈도나, 시간 등과 함께 치아침식에 영향을 미치는 생활습관 요인으로 분류 된다. 일반적으로 치아우식증의 예방법과 동일하게 산성 음료를 섭취한 후에 즉시 칫솔질을 하라고 권고하고 있으나, 지나치게 잦거나 과도한 힘을 가한 칫솔질 또는 마모재의 함량이 높은 치면세척제를 사용한 칫솔질은 산성식품의 섭취와 복합적으로 행해질 경우 치아침식을 유발하는 주요 원인으로 작용할 수 있다는 점을 고려해야 한다<sup>35)</sup>. 치면 세균막은 타액보다 완충능이 높으며 비세균성 산으로부터 치면을 보호할 수 있는데, 치면세척제를 사용한 칫솔질이 이러한 치면세균막 뿐 아니라 획득피막까지 소실시킬 수 있고 이로 인해 치아의 침식에 대한 저항성을 낮추는 결과를 초래할 수도 있다<sup>36)</sup>. 타액이 치면의 초기 탈회를 치유할 수 있다고 알려져 있는데, 만일 타액이 작용할 시간을 두지 않고 침식이 일어난 직후에 칫솔질을 한다면 치질의 소실이 비가역적으로 발생한다<sup>37)</sup>. Vieira 등<sup>38)</sup>은 산에 의한 법랑질 부식

은 표면층을 유약하게 만들어 칫솔질과 같은 기계적인 힘에 대한 저항력을 떨어뜨린다는 실험결과를 발표한 바 있다. 국내 연구를 통해 이 등<sup>15)</sup>은 칫식의 위험성이 있는 경우에는 마모도가 낮은 치면세제제를 사용하고 산성음식을 섭취한 직후에는 물로 입을 헹구고 타액에 의한 재광화가 일어날 수 있도록 얼마간의 시간이 경과한 후에 칫솔질을 할 필요가 있다고 권장하고 있다. 산성 식품 섭취에 의해 산 공격을 받은 치아 표면은 탈회되고 유약해져 마모(abrasion)나 교모(attribution)에 취약한 상태가 된다고 알려져 있다<sup>39,40)</sup>. David와 Winter<sup>41)</sup>의 연구 결과는 법랑질 침식이 일어나 유약해진 치아에 칫솔질을 행할 경우 치아 마모(tooth wear)가 증가한다는 사실을 뒷받침하고 있다. 그리하여 Noack 등<sup>42)</sup>과 Attin 등<sup>43)</sup>은 치아침식이 일어난 환자들은 약하거나 중간 정도의 마모력을 갖는 칫솔과 적은 양의 마모제가 포함되어있는 치면세제제를 사용하여 칫솔질을 해야 한다고 권장하였다. Attin 등<sup>43)</sup>은 음료에 의하여 부식된 법랑질의 칫솔질에 의한 마모도와 구강 외 인공타액에서 재광화 되는 시간 사이의 상관관계를 조사하였는데, 그 결과로 침식된 법랑질의 마모 저항도는 재광화 시간이 짧을수록 증가한다고 하였다. Attin 등<sup>44)</sup>은 비슷한 실험을 구강 내에서 재광화 시키는 조건에서 시행했는데 마찬가지로 재광화 시간이 증가할수록 침식된 법랑질의 마모도가 감소한다는 결과를 얻었다. 나아가 이 실험에서는 재광화되는 시간이 60 분인 경우까지도 탈회 후 칫솔질을 행하지 않은 경우에 비하여 법랑질 소실량이 크다는 결과를 얻었는데, 이를 통하여 산성 음식 섭취 후와 칫솔질 사이에 적어도 60 분의 시간간격이 필요하다는 주장을 제시하기도 하였다. Jaeggi와 Lussi<sup>45)</sup>도 치아침식증의 발생 위험이 높은 사람은 산성 식품을 섭취한 후 재광화가 일어나기까지 적어도 한 시간이 지난 다음에 칫솔질을 해야 한다고 제안한 바 있다. 이와 같이 지금까지 산성 침식된 치아의 마모도에 대한 칫솔질의 영향을 조사하는 몇몇 연구들이 행해져 왔지만, 아직까지는 치아마모(tooth wear)를 증가시키지 않는 범위의 산성음료의 섭취와 칫솔질 사이의 적절한 시간을 정확히 규명하기에는 과학적인 데이터가 부족한 실정이다.

실험에 사용된 모든 어린이 음료들은 법랑질 침식을 유발할 수 있음이 밝혀졌다(p<0.05). 그러나 구강 외에서 행해진 실험들이 구강 내의 조건들을 그대로 재현하는 것이 불가능하기 때문에, 본 실험의 결과가 실제로 인체 내에서 동일한 효과를 일으킨다고 볼 수는 없을 것이다. 표면미세경도 측정을 위해 연마된 법랑질 표면을 사용한 것과, 타액에 의한 산의 세정과 재광화 기회를 배제한 채로 법랑질을 음료에 30 분 동안 노출시킨 것은 실제 구강 내 환경보다 더 가혹한 조건에서 실험이 행해졌다는 것을 의미한다. 그러나 어린이들은 성인에 비하여 더 높은 산성 음료의 섭취 빈도를 보이며, 음료를 오랜 기간 동안 입안에 머금고 있는 등의 더 긴 섭취 시간을 보인다고 알려져 있다. 또한 어린이들은 젓꼭지를 사용하거나, 마개를 당겨서 빨아먹는 용기에 담겨진 음료를 섭취하는 등 침식을 더 잘 유발할 수 있는 환경에 노출된다는 점에서도 성인과는 차이가 있다<sup>23)</sup>. 이

러한 사실과 본 연구가 어린이 음료와 유치를 대상으로 행해진 것임을 고려한다면, 본 실험의 조건이 충분한 의미를 가진다고 볼 수 있다.

### V. 결 론

시중 어린이 음료의 산성도를 조사하고, 수 중 어린이 음료에 의한 유치 법랑질 침식정도를 실험적으로 평가하기 위해, 서울시내 및 경기도 지역에서 판매순위가 비교적 높은 수 중의 어린이 음료를 표집하여 pH를 측정하고, 그 중에서도 pH 3.5 이하의 어린이 음료 7개를 선별하였다. 탈락기의 건전한 법랑질 표면을 가진 유치를 선별하여 어린이 음료에 1 분, 5 분, 10 분, 15 분, 30 분 동안 노출시켜 인공적으로 법랑질 침식을 유도하였을 때 나타나는 침식 양상을 표면미세경도측정법으로 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 본 실험에 사용된 어린이 음료의 산도는 모두 pH 4 미만 이었고, 평균 pH 3.22 이었다.
2. 어린이 음료에 대한 노출 후의 법랑질 표면미세경도는 대조군에 비해 모든 시료에서 낮아졌다(p<0.05). 노출 후 1 분이 경과되었을 때부터 표면미세경도의 유의한 감소 양상을 보였으며, 30 분이 경과되었을 때까지 표면미세경도의 감소가 계속 관찰되었다(p<0.05).
3. 음료의 산성도가 높을수록, 시편을 30 분간 노출시켰을 때의 표면미세경도가 유의하게 감소했다(p<0.05). 그러나 음료의 산성도와 표면미세경도의 감소정도 사이에 유의한 비례관계는 찾을 수 없었다(p>0.05).

### 참고문헌

1. Mahoney EK, Kilpatrick NM : Dental erosion: part 1. Aetiology and prevalence of dental erosion. N Z Dent J, 99:33-41, 2003.
2. Shaw L, O'Sullivan E : Diagnosis and prevention of dental erosion in children. Int J Paediatr Dent, 10:356-365, 2000.
3. Imfeld T : Dental erosion. Definition, classification and links. Eur J Oral Sci, 104:151-5, 1996.
4. Moss SJ : Dental erosion. Int Dent J, 48:529-39, 1998.
5. Linnett V, Kim Seow W : Dental erosion in children: A literature review. Pediatr Dent 23:36-43, 2001.
6. Scheutzel P : Etiology of dental erosion-intrinsic factors. Eur J Oral Sci, 104:178-90, 1996.
7. Zero DT : Etiology of dental erosion-extrinsic factors. Eur J Oral Sci, 104:162-77, 1996.
8. 최정희 : 시장동향 II-음료시장 I. 식품세계, 4:90-96, 2003.

9. Sorvari R, Rytomaa I : Drinks and dental health. Proc Finn Dent Soc, 87:621-31, 1991.
10. 한국식품공업협회 보도자료 : 생산량 기준 국민 다소비 식품순위. 2006. (www.kfia.or.kr)
11. Edwards M, Creanor SL, Foye RH, et al. : Buffering capacities of soft drinks: the potential influence on dental erosion. J Oral Rehabil, 26:923-7, 1999.
12. Mathew T, Casamassimo PS, Hayes JR : Relationship between sports drinks and dental erosion in 304 university athletes in Columbus, Ohio, USA. Caries Res, 36:281-7, 2002.
13. Rees J, Loyn T, McAndrew R : The acidic and erosive potential of five sports drinks. Eur J Prosthodont Restor Dent, 13:186-90, 2005.
14. 안호영, 이광희, 김대업 : 산성 음료에 의한 법랑질의 침식과 인공타액에 의한 재광화. 대한소아치과학회지, 29:84-90, 2002.
15. 이창운, 김 신, 정태성 : 오렌지쥬스의 치아 법랑질 침식효과에 대한 연구. 대한소아치과학회지, 31:617-624, 2004.
16. 심정호, 정태성, 김 신 : 수종 유산균 발효유의 법랑질 침식 효과에 대한 연구. 대한소아치과학회지, 31:555-562, 2004.
17. 한국소비자보호원 보도자료. 2002. 7. 29. (www.cpb.or.kr)
18. Asher C, Read MJF : Early enamel erosion in children associated with the excessive consumption of citric acid. Br Dent J, 162:384-387, 1987.
19. 한국소비자보호원 보도자료. 2005. 12. 21. (www.cpb.or.kr)
20. 송주현, 한세현, 장기택 등 : 칫솔질에 의한 레진 표면 강화제의 마모. 대한소아치과학회지, 33:633-641, 2006.
21. Rytomaa I, Meurman J, Koskinen Jea : In vitro erosion of bovine enamel caused by acidic drinks and other foodstuffs. Scand J Dent Res, 96:324-333, 1988.
22. Gregory-Head B, Curtis D : Erosion caused by gastroesophageal reflux : diagnostic considerations. J Prosthodont, 6:278-285, 1997.
23. 한국소비자보호원 보도자료. 2000. 5. (www.cpb.or.kr)
24. Featherstone JD : Consensus conference on intraoral models : Evaluation techniques. J Dent Res, 71:955-956, 1992.
25. 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.
26. Carins 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.
27. Lussi A, Jaggi T, Scharer S : The influence of different factors on in vitro enamel erosion. Caries Res, 27:387-393, 1993.
28. Zero D : Etiology of dental erosion - extrinsic factors. Eur J Oral Sci, 104:162-177, 1996.
29. 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.
30. Meurman JH, Frank RM : Scanning electron microscopic study of the effect of salivary pellicle on enamel erosion. Caries Res, 25:1-6, 1991.
31. Amaechi BT, Higham SM : Eroded enamel lesion remineralization by saliva as a possible factor in the site-specificity of human dental erosion. Arch Oral Biol, 46:697-703, 2001.
32. Wöltgens J.H.M, Vingerling P, de Blickehogervorst J. M. A, et al. : Enamel erosion and saliva. Clinical preventive Dent, 7:8-10, 1985.
33. 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.
34. Millward A, Shaw L, Smith A, et al. : The distribution and severity of tooth wear and the relationship between erosion and dietary constituents in a group of children. Int J Paediatric Dent, 4:152-157, 1994.
35. Nemcovsky CE, Artzi Z : Erosion-abrasion lesions revisited. Compend Contin Educ Dent, 17:416-8, 1996.
36. 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.
37. Karoiwa M, Kodaka T, Kuroiwa M : Microstructural changes of human enamel surfaces by brushing with and without dentifrice containing abrasive. Caries Res, 27:1-3, 1993.
38. Vieira A, Overweg E, Ruben JL, et al. : Toothbrush abrasion, simulated tongue friction and attrition of eroded bovine enamel in vitro. J Dent, 34:336-42, 2006.
39. Sognnaes RF : Dental hard tissue destruction with special reference to idiopathic erosions: in Scognnaes RF(ed) : Mechanisms of Hard Tissue Destruction. Washington, Association of the Advancement of



- Science, 91-153, 1963.
40. Attin T : Effect of rinsing with sodium fluoride on brushing abrasion of eroded enamel. *Acta Med Dent Helv*, 2:165-172, 1997.
  41. David WB, Winter PJ : The effect of abrasion on enamel and dentine after exposure to dietary acid. *Br Dent J*, 148:253-256, 1980.
  42. Noack MJ : REM-Untersuchungen an Erosionen der Zahnhartsubstanzen in vivo. *Dtsch Zahnarzte Z* 44:517-212, 1989.
  43. Attin T, Buchalla W, Gollner M, et al. : Use of variable remineralization periods to improve the abrasion resistance of previously eroded enamel. *Caries Res*, 34:48-52, 2000.
  44. Attin T, Knofel S, Buchalla W, et al. : In situ evaluation of different remineralization periods to decrease brushing abrasion of demineralized enamel. *Caries Res*, 35:216-22, 2001.
  45. Jaeggi T, Lussi A : Dental erosion-the problem and some practical solutions. *Brit Dent J*, 186:115-118, 1998.

Abstract

STUDY ON THE PRIMARY TOOTH ENAMEL EROSION CAUSED BY CHILDREN BEVERAGE

Yun-Hye Shin, Young-Jae Kim\*

*Department of Pediatric Dentistry, School of Dentistry, \*Dental Research Institute, Seoul National University*

The purpose of this study is to examine the acidity of beverages that are sold for children in the market and to estimate by experiment the degree of the enamel erosion of deciduous teeth that is attributed to the beverages. The pH value of children beverages among top sale list in Seoul and Gyeonggi province were measured. And 7 beverages with the pH value of 3.5 or lower were selected. The enamel erosion of deciduous teeth by the children beverages for 1, 5, 10, and 30 minutes respectively was examined. The results were as follows:

1. The acidity of most of the children beverages examined in this study was the pH level of 5.5 or lower that can cause the tooth erosion.
2. The microhardness value of the enamel of deciduous teeth was lower as exposing it to children beverages. The reduction of surface microhardness value was significant from 1 minute after the exposure, and the reduction was continuously observed until 30 minutes has passed.
3. The higher the acidity of beverages, the larger the reduction in microhardness value caused after the exposure of 30 minutes to the beverages. There was no significant relation between the acidity of beverages and the reduction rate of surface microhardness value. The other factors such as calcium, phosphorus, and fluoride or buffering of the beverages may affect the enamel erosion.

**Key words** : Enamel erosion, Primary tooth, Children beverage, Acidity, Surface microhardness