

에너지음료가 치아부식에 미치는 영향

김은지¹, 김혜연¹, 신성인¹, 이아름¹, 정보라¹, 최은미², 전현선¹
¹연세대학교 원주의과대학 치위생학과, ²연세대학교 대학원 치위생학과

Effects of Energy Drinks on Enamel Erosion

Eun-Ji Kim¹, Hye-Yeon Kim¹, Seong-In Shin¹, Ah-Reum Lee¹, Bo-Ra Jeong¹, Eun-Mi Choi²,
Hyun-Sun Jeon¹

¹Department of Dental Hygiene, Wonju College of Medicine, Yonsei University, Wonju,
220-701, Korea

²Department of Dental Hygiene, The Graduate School, Yonsei University, Wonju,
220-701, Korea

ABSTRACT

The aim of this study is effects of the energy drinks on enamel erosion. The groups of energy drinks, juice, sport drinks and carbonated drinks chosen according to the highest percentage of sales each, were released carbon dioxide gas and measured the pH value three times repeatedly. They were soaked in drinks four times in a day, on the rest of the time, in artificial saliva. Since then, the window were measured about the roughness by Surface Profiler[Alpha step 500 Surface Profiler (AS500)]. To compare difference between groups, we used one-way ANOVA, tukey for post analysis and SPSS 18.0(p<0.05).

The pH value of each beverage was that sport drink was shown as 3.55, energy drink as 3.22, carbonated drink as 2.38 and juice as 3.79. The average roughness accordance with how much it was eroded was that carbonated drink was shown as $-5.94\mu\text{m}\pm 4.20$, sport drink as $-4.79\mu\text{m}\pm 2.90$, energy drink as $-4.06\mu\text{m}\pm 1.41$ and juice as $-2.96\mu\text{m}\pm 1.80$. There was no significance difference between groups.

According to the results of the research, it would be affected to enamel erosion drinking beverage like sport drink, juice, carbonated drink and energy drink. Therefore, it is recommended to reduce the intaking frequency or rinse the mouth with water after drinking as the way to prevent from enamel erosion for dental hygiene.

교신저자: 전현선

(220-701) 강원도 원주시 일산동 162 연세대학교 원주의과대학의학관 214호

Tel: (033) 741-0397, Fax: (033) 735-0391, E-mail: jeonhs@yonsei.ac.kr

투고일: 2015. 01. 20. 심사일: 2015. 01. 26. 게재확정일: 2015. 02. 24.

Key words : Acidic drinks, Energy drinks, Dental Erosion, pH

색 인 : 산성음료, 에너지음료, 치아부식, pH

1. 서 론

치아 부식은 구강 내에서 세균과 관계없이 화학적 용해를 통해 법랑질 및 상아질이 소실되는 현상으로 정의된다. 치아 부식은 법랑질의 탈회로 시작되어 치아 경조직의 손실이 일어난 후 상아질이 노출되면 치질 손실이 더욱 심해지게 된다(1). 치아 부식의 원인은 접촉하는 산의 공급처에 따라 내인성 요인과 외인성 요인으로 구분할 수 있다. 외인성 요인은 환경, 산성 음료, 음식 섭취, 생활습관, 복용약 등을 포함한다. 특히 과일, 과일주스, 청량음료, 비타민C가 포함된 스포츠 음료와 사탕의 섭취가 외인성 부식의 주된 원인으로 알려져 있다(2). 내인성 요인은 위장질환이나 대사성 질환 등으로 인해 위산이 구강으로 역류하여 부식을 유발하는 것으로 치아에 심각한 손상을 일으킬 수 있다(3).

치아 부식을 일으킬 수 있는 요인 중 산성 음료로 인한 치아부식에 대한 우려는 꾸준히 제기되어 왔으며 그 위험성 또한 많이 알려져 있다(4). 각종 산성음료의 공급이 질적으로나 양적으로 늘어나 사람들이 일상적으로 소비하고 있으며 그 음용의 빈도가 우려할 수준으로 치아부식 유발의 위험성과 이에 대한 심층적 연구가 필요하다고 하였다(5). 국내에서 시판되고 있는 일부 음료별 적정산도를 측정 하였을 때 평균 pH는 3.01이었으며, 음료의 적정산도가 법랑질 표면경도 감소에 영향을 미쳐 치아부식에 큰 영향을 미친다고 하였다(6).

최근 우리나라에서 청량음료와 스포츠 음료 등 각종 주스류의 소비가 증가했으며, 그 중 에너지음

료의 성장은 빠르게 증가하고 있다. 2012년 상반기 국내 에너지 음료의 매출액 합계가 230억으로 에너지음료의 섭취율이 증가하고 있으며, 주요 소비층은 젊은 세대로 특히 대학생과 청소년층에서 치아 부식의 유병율이 증가 할 가능성이 있다(7). 에너지음료는 고카페인 음료이고 대부분 pH가 5.5 이하로 법랑질 구조를 파괴 시킬 수 있는 것으로 알려져 있으며(8), 국내에서 에너지음료에 대한 수요가 증가함에 따라 에너지음료의 치아 손상 가능성을 확인할 필요가 높아지고 있다. 따라서 본 연구는 국내에서 시판되고 있는 치아부식을 유발하는 것으로 알려진 음료와 에너지 음료의 음료별 산도를 측정하여 부식가능성을 검토하고자 한다. 또한 구강 상태를 재현한 pH 순환모델을 적용하여 에너지음료가 법랑질 표면에 미치는 영향을 확인하고자 한다.

2. 연구재료 및 방법

2.1. 연구재료

연구에서 사용된 음료는 한국에서 판매되고 있는 포카리스웨트, 핫식스, 코카콜라, 콜드오렌지주스이다. 시장 점유율을 바탕으로 시장 경향, 경제적인 요인 등을 고려해 위의 4가지 음료가 선정하였다. 모든 음료는 실험 시기로부터 1년 이상의 유통기한이 남아있었다.

<표 1> 실험에 사용한 음료

Groups	Drinks	Manufacturer
Fruit juice	Delmonte orange 100%	Lottechilsung-Korea
Electrolyte drink	Pocari sweat	Donga-Korea
Carbonated drink	Coka cola	Coka cola-Korea
Energy drink	Hotsix	Lottechilsung-Korea

2.2. 연구방법

2.2.1. 초기 pH 측정

표집한 음료들의 pH를 동일한 온도 하에 측정하기 위해 음료를 실온에 12시간 보관하였다. pH meter(Orion4-star, Thermo scientific Co., USA)를 이용하여 3회 반복 측정하여 pH를 산출하였다. 탄산음료는 2시간 이상 교반하여 탄산가스를 방출한 후 pH를 측정하였다.

2.2.2. 시편 준비

사용한 시편은 치아우식증이 없고 건전한 법랑질 표면을 가진 소의 영구절치로 평평한 순측면을 3×5 mm의 직사각형이 되도록 저속핸드피스로 잘라내었다. 이러한 시편은 수평으로 연마하기 위해 epoxy resin mold를 제작하여 법랑질 표면이 노출되도록 mold 내에 포매 하였다. 제작된 표본의 균일한 법랑질 노출을 위해 냉각수 공급 하에서 #600, #800, #1200, #2400 grit의 Silicon Carbide 연마지로 연마하였다. 그 후 치면의 부식상태를 측정하기 위한 Base line을 설정하기 위해 매니큐어를 사용하여 $1 \text{ mm} \times 3 \text{ mm}$ 로 window를 형성하였다.

2.2.3. 실험과정

본 연구에서는 실제 구강 내의 환경을 재현하기 위해 변형된 pH 순환모형을 적용하였다. 이 모형에

서 음료의 섭취시간과 구강 내 타액에 의한 재광화 시간을 고려하여 표 2와 같이 계획하였다. 법랑질 표면 부식을 위한 음료 처리는 탄산음료를 2시간 이상 교반하여 탄산가스를 방출시키고 선행연구의 음료 처리시간을 참고하여 각 군 당 10개의 시편을 10분씩 하루 4번 음료처리 하였다(9). 음료처리 시간 외에는 인공타액(2000 ml 증류수, Mucin, Potassium chloride 0.114%, Potassium dihydrogen phosphate 0.0738%, Sodium chloride 0.038%, Magnesium chloride 1.03%, Calcium chloride 0.0213%)에 담겼다. 음료는 음료처리 마다 새것으로 교환하였고, 인공타액은 하루에 1번 교환하였다. 음료와 인공타액의 순환처리는 7일 동안 실온에서 반복하여 진행하였다.

<표 2> pH cycling 시간표

Time	Process
08:40 - 08:50	Treatment solution
08:50 - 10:20	Remineralizing solution
10:20 - 10:30	Treatment solution
10:30 - 12:00	Remineralizing solution
12:00 - 12:10	Treatment solution
12:10 - 13:40	Remineralizing solution
13:40 - 13:50	Treatment solution
13:50 - 08:40	Remineralizing solution

2.2.4. 처리 후 표면관찰

7일 동안의 pH 순환모형 적용 이후 법랑질 표면의 부식 정도를 측정하기 위해 Surface Profiler(Alpha step 500 Surface Profiler (AS500), KLA-Tencor Co.,USA)를 이용하였다(그림 1). 시편을 고정시키고 측정하고자하는 부식된 부분으로 부터 $5\mu\text{m}$ 떨어진 위치에 tip을 고정시킨다. 이때 tip의 측정 속도를 $200\mu\text{m/s}$, 측정 압력을 7.4 mg , 측정 면적을 $3000\mu\text{m}$ 로 하고 각 시편을 tip이 수평하게 굽으면서 지나가도록 하여 표면 거칠기를 시편 당 3회 측정하였다. 법랑질 표면을 스캔하여 컴퓨터에 부식된 부분과 부식되지 않은 부분의 차이에 대한 평균값을 측정하였다.



<그림 1> Surface Profiler[Alpha step 500 Surface Profiler (AS500)]

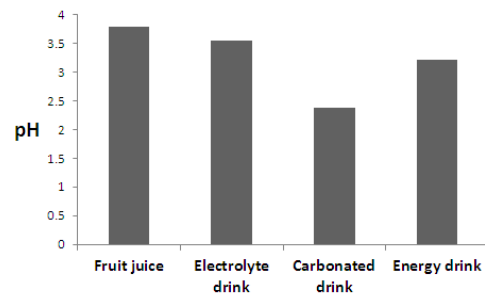
2.2.5. 통계분석

각 음료의 pH는 3회 반복 측정하여 빈도분석 하였으며, 음료의 순환처리 후의 표면 높이변화 값의 평균을 각 군별 일원배치 분산분석(One-way ANOVA)을 시행하였고, 사후분석으로 Tukey의 다중비교법으로 사후 검정을 시행하였다. SPSS 18.0 program을 사용하여 분석하였으며 통계적인 유의수준은 $p < 0.05$ 로 하였다.

3. 연구결과

3.1. 음료 종류별 pH

4개의 음료의 pH를 3회 측정하여 그 평균값을 그림 3에 표현하였다. 측정한 음료 중 오렌지 주스가 pH 3.79로 가장 높았고 탄산음료가 pH 2.38로 가장 낮았으며 에너지음료가 pH 3.22로 탄산음료 다음으로 낮게 나타났다.

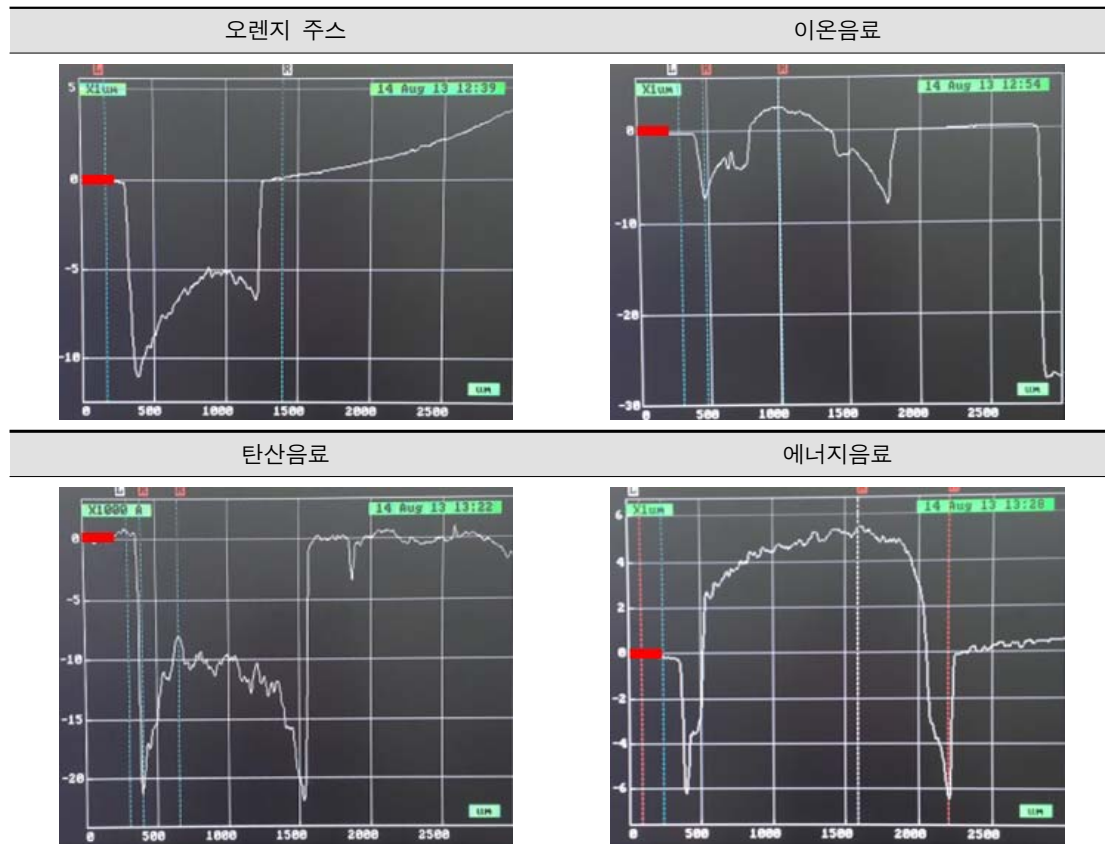


<그림 2> 음료 종류별 pH

3.2. 음료처리 후 부식 정도

법랑질 표면의 거칠기를 측정하면 화면상에 그래프로 표현된다(그림 4). 세로축의 붉은선이 측정 시작점으로 음의 값이 가장 큰 탄산음료에서 거친 표면이 관찰되었다.

음료처리 후 법랑질 표면의 거칠기 측정에 따른 평균값은 표 3과 같다. 탄산음료가 $-5.94\mu\text{m} \pm 4.20$, 이온음료는 $-4.79\mu\text{m} \pm 2.90$, 에너지음료는 $-4.06\mu\text{m} \pm 1.41$, 오렌지주스는 $-2.96\mu\text{m} \pm 1.80$ 순으로 나타나 탄산음료의 시편이 가장 거친 표면을 갖고 있었다. 각 집단 간의 평균에는 통계적으로 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$).



<그림 3> 측정된 부식결과

<표 3> 음료처리 후 범랑질표면 부식 정도

단위: μm

Groups	Roughness(Mean $\pm$ SD)
Fruit juice	-2.96 $\pm$ 1.80
Electrolyte drink	-4.79 $\pm$ 2.90
Carbonated drink	-5.94 $\pm$ 4.20
Energy drink	-4.06 $\pm$ 1.41

The data were analysed by one-way ANOVA, * $p < 0.05$

4. 고안

본 연구는 시판되고 있는 음료 중 치아 부식을 유발하는 것으로 알려진 산성음료와 최근 판매율

이 증가하고 있는 에너지음료를 대상으로 하여 부식가능성이 있는 산성음료와 동일하게 에너지음료의 위험성을 알리고자 음료별 산도의 측정 및 부식가능성을 평가하고, pH 순환모델을 적용하여 구강

환경을 유사하게 재현하여 치아표면에 미치는 영향을 분석한 실험연구이다.

연구결과, 음료들의 pH는 2.38-3.79로 모두 4.0 이하로 나타나 사용된 음료군은 모두 치아 부식의 유발 가능성이 있으며, 각 음료군당 모두 부식의 양상이 낮으며, 음료처리 후 부식 정도에 따른 평균값은 탄산음료가 $-5.94\mu\text{m}\pm 4.20$, 이온음료는 $-4.79\mu\text{m}\pm 2.90$, 에너지음료는 $-4.06\mu\text{m}\pm 1.41$, 오렌지주스는 $-2.96\mu\text{m}\pm 1.80$ 순으로 나타나 음료의 pH가 가장 낮은 탄산음료가 법랑질 표면의 거칠기를 측정했을 때 가장 거친 표면을 나타남을 알 수 있었다.

본 연구에서는 건전한 법랑질 표면을 가진 소의 영구절치를 시편으로 사용하였다. 여러 학자들은 사람의 치아와 매우 유사한 대체 실험 재료를 선택하기 위해 양, 말, 소, 상어 등의 치아들을 이용하였으나, 이중 소의 치아가 법랑질의 부피가 크고 가공하기 용이한 형태학적 특징을 가지고 있으며, 한 개체에서 다량의 치아를 채취할 수 있어 각 치아의 변이를 최소화 할 수 있고, 비교적 저렴한 비용으로 수집이 용이하다는 장점을 가지고 있어 사람의 치아를 대체할 재료로 가장 좋다고 보고하였다(10). 구강 환경과 유사한 환경을 재현하기 위해 pH cycling 과정을 통해 실험을 진행하였다. 7일간 pH cycling을 실시하였고, 그 중 인공타액에 침적하는 과정에서 구강의 자정작용에 대한 효과를 최대한 유사하게 재현하기 위해 stirring을 실시하였다. 음료를 마시는 시간을 고려해 음료 처리시간은 10분으로 제한하였고, 짧은 시간 내에 부식효과를 극대화하기 위해 하루에 4번씩 음료처리를 하였다. 다른 연구에서는 8일 동안 각 음료의 하루 10분씩 4회 침지처리하고, 그 외 시간도 인공타액에 침지해 구강과 유사한 환경을 만들어 주었다(11).

외국에서는 에너지음료에 대한 연구가 이미 진행되었으며, 에너지 음료가 치아 법랑질에 유의한 부식 효과가 나타난다고 보고 하였다(12). 또한 그 부식 정도가 코카콜라나 이온음료인 게토레이 보다 심하다고 보고하였다(13). 법랑질은 pH 5.5 이

하에서 부식된다고 알려져 있으며, 이 연구에서 사용된 실험 음료의 pH 값은 2.38-3.79 이었다. 이 연구결과는 시장에서 판매되는 다른 음료 등이 법랑질을 부식시킬 수 있다는 결과(14)와 유사하게 에너지음료 역시 법랑질을 부식시키는 것으로 측정되었다.

음료와 치아의 접촉 시간의 증가는 부식이 일어날 수 있는 기회를 증가시킨다(15). 신맛에 의해 자극되는 타액 분비는 산을 세척하고, 부식을 제한시킬 수 있다. 그러나 제한된 타액 분비를 가진 사람들은 산과 치아의 접촉을 증가시킬 수 있고, 부식의 위험성을 증가시킨다. 부식된 치아를 갖는 어린이는 그렇지 않은 어린이에 비해 낮은 타액 분비율과 완충능을 가지는 것으로 나타났다(16). 입안에 음료를 머금고 있으면서 산과 치아의 접촉 시간을 증가시키는 행위는 부식 위험을 증가시킬 수 있다. 또한 산 음료에 노출된 직후 법랑질을 닦는 것은 치아 손실을 증가시키는 것으로 나타났다(17).

치아 부식을 보호하기 위해서는 예방적인 노력이 더욱 중요할 수 있다. 부식에 대해 치아를 보호하는 요소는 타액분비율, 타액완충능, 타액 내의 유기 성분, 무기질 함량 등이 치아부식 억제에 영향을 미친다(15). 치아 부식을 예방하기 위한 가장 확실한 방법은 산과의 접촉을 억제하는 것이다. 하지만 산 음료를 섭취하지 않는 것은 불가능하기 때문에 이를 섭취하는 소비자에게 음료의 정보를 정확히 제공할 필요가 있다. 음료의 산성도와 치아 우식 유발 지수, 이로 인한 부작용과 주의사항에 대한 정보를 제공해야 한다. 이에 따라 치아 부식에 영향을 끼치는 음료를 알리고 그 영향을 소비자에게 교육하여 음료 섭취를 조절할 수 있어야 하겠다. 또한 섭취 후에는 치아 부식을 최소화 하는 예방치침의 교육 및 정보제공이 필요하다고 사료된다.

본 연구의 한계점으로는 첫째, 매 음료침적 시 탄산음료는 2시간 이상 교반하여 탄산가스를 방출시켰다. 이는 pH 이외에 치아부식에 미치는 다른 요인은 통제하고, 10분간 음료침적 시 시간변화에

따른 탄산의 변화를 배제하기 위함이다. 하지만 실제로 음료섭취 시 탄산이 있는 상태이므로, 현실을 완벽히 재현하는 점에는 어려움이 있었다. 두 번째로는 음료마다 서로 다른 부식된 양상은 보였으나 정도의 차가 크지 않았기 때문에 음료간의 차이가 유의하지 않은 결과가 나왔다. 추후 연구에서는 음성대조군으로 증류수를 포함하여 부식발생에 대한 부분을 정확하게 확인할 필요가 있다.

그러나 본 연구는 국내에서 판매되고 있는 에너지음료에 대한 평가가 거의 없는 상황에서 부식의 정도를 측정할 수 있는 특정 장비로 에너지음료가 치아 법랑질 표면에 부식을 형성할 수 있다는 것을 확인한 것에 의의가 있다. 앞으로 에너지음료와 치아부식에 대한 다양한 평가를 적용한 연구가 필요할 것이라 생각된다.

5. 결론

본 연구는 에너지음료의 치아 부식을 알아보기 위하여 시판되는 산성음료와 함께 음료처리에 따른 부식정도를 실험실 평가를 통해 비교한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 음료 종류별 pH결과는 이온음료는 3.55, 에너지음료는 3.22, 탄산음료는 2.38, 주스는 3.79이다.
2. 음료처리 후 부식정도에 따른 평균은 탄산음료는 $-5.94\mu\text{m}\pm 4.20$, 이온음료는 $-4.79\mu\text{m}\pm 2.90$, 에너지음료는 $-4.06\mu\text{m}\pm 1.41$, 오렌지주스는 $-2.96\mu\text{m}\pm 1.80$ 순으로 탄산음료가 가장 많은 부식양상을 보였다.

본 연구의 결과처럼 이온음료, 오렌지주스, 탄산음료와 같이 에너지음료도 섭취하게 되면 치아 법랑질 부식에 동일한 영향을 미칠 수 있다. 따라서 치아 부식에 영향을 주는 음료를 분명히 홍보하고,

에너지음료와 치아부식의 영향을 소비자에게 교육하여 음료 섭취를 조절할 수 있어야 한다. 또한 섭취 후에는 치아 부식을 최소화 하는 예방지침의 교육 및 정보제공이 필요하다.

* **Acknowledgement:** 이 논문은 2013년도 연세대학교 원주의과대학의 학생연구비 지원을 받아 수행된 연구임.

6. 참고문헌

1. Imfeld T. Dental erosion: Definition, classification and links. Eur J Oral Sci 1996;104:151-155.
2. Zero DT. Etiology of dental erosion-extrinsic factors. Eur J Oral Sci 1996;104:162-177.
3. Scheutzel P. Etiology of dental erosion-intrinsic factors. Eur J Oral Sci 1996;104:178-190.
4. Jarvien VK, Rytomaa II, Heinonen OP. Risk factors in dental erosion. J Dent Res 1991;70:942-947.
5. 김민아. 일부시판 유산균 음료의 칼슘함유량이 우치표면경도에 미치는 영향[석사학위논문]. 전남:전남대학교 치의학전문대학원;2011.
6. 김은정, 이해주, 이은정, 배광학, 진보형 외1인. 적정 산도에 따른 일부 시판음료의 치아부식도 비교. 대한구강보건학회지 2012;36(1):13-19.
7. Mathew T, Casamassimo PS, Hayes JR. Relationship between sports drinks and dental erosion in 304 University Athletes in Columbus, Ohio, USA. Caries Res 2002;36:281-287.
8. Ehlen LA, Marshall TA, Qian F, Wefel JS, Warren JJ. Acidic beverages increase the risk of in vitro tooth erosion. Nutr Res 2008;28:299-303.
9. 윤혜정. 일부시판 음료에 의한 정상법랑질과 우식법랑질의 치아침식도 평가[박사학위논문]. 전남대;2009.
10. Choi HJ. Effect of fluoride mouthrinses with low pH on the surface microhardness of artificial

- carious enamel. Chonnam National University: 2012.
11. 김미경, 전재훈, 박현주, 배찬호, 박진성 외2인. 에너지음료가 치아 법랑질 침식 및 치아성장에 미치는 영향. Korean Society for Biotechnoiogy and Bioengineering Journal 2014;29(2):112-117.
12. Kitchens M, Owens BM. Effect of carbonated beverages, coffee, sports and high energy drinks, and bottled water on the in vitro erosion characteristics of dental enamel. J Clin Pediatr Dent 2007;31(3):153-159.
13. Owens BM, Kitchens M. The erosive potential of soft drinks on enamel surface substrate: an invitro scanning electron microscopy investigation. J Contemp Dent Pract 2007;8(7):11-20.
14. 최대영, 신승철. 우리나라 시판 식음료의 수소 이온농도지수 측정실험. 대한구강보건학회지 1996;20:399-410.
15. Sanchez GA, Fernandez De Preliasco MV. Salivary pH changes during soft drink consumption in children. Int J Pediatr Dent 2003;13:251-257.
16. Johansson AK, Lingstrom P, Birkhed D. Comparison of factors potentially related to the occurrence of dental erosion in high-and low-erosion groups. Eur J Oral Sci 2002;110:204-211.
17. Rios D, Honorio HM, Magalhaes AC, BuzalafMAR, et al. Influence of toothbrushing on enamel softening and arasive wear of eroded bovine enamel: an in situ study. Braz Oral Res 2006;20:148-154.